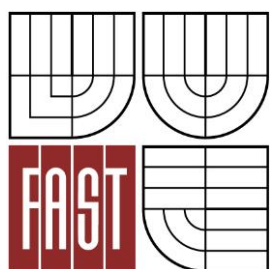




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV STAVEBNÍ EKONOMIKY A ŘÍZENÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF STRUCTURAL ECONOMICS AND MANAGEMENT

NÍZKOENERGETICKÁ VÝSTAVBA

LOW-ENERGY CONSTRUCTION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MIROSLAV HALAMA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. ZDENĚK KREJZA, Ph.D.

BRNO 2016

Anotace

Předkládaná bakalářská práce zpracovává Průkaz energetické náročnosti budov pro zvolený projekt rodinného domu a jeho tři materiálově konstrukční varianty v klasifikačních třídách A, B a C energetické náročnosti budov. Zabývá se problematikou vývoje trendů nízkoenergetické výstavby a teorie oceňování. Dále stanovuje výpočet rozpočtového ukazatele pro stanovení orientační ceny objektu a následně počítá ekonomickou efektivnost investice v závislosti pořizovacích a provozních nákladů stavby. Cílem této práce je analýza ekonomické efektivnosti investice budovy, zařazené do již zmiňovaných tříd energetické náročnosti.

Klíčová slova

Nízkoenergetický dům, Průkaz energetické náročnosti budov, součinitel prostupu tepla, ekonomická efektivnost investice, oceňování staveb a stavebních prací.

Abstract

The bachelor thesis is proposing three construct variants of chosen family houses and assign each to particular energy performance certificate of A, B, and C values. Thesis describes trends in low-energy houses and theory of building valuation. Furthermore established financial indicator to determinate approximate building value and calculate investment efficiency and its correlation with operating costs. The aim of this study is economic analysis of investment efficiency of particular energy performance certificate buildings.

Keywords

Low-energy houses, energy performance certificate, heat transfer coefficient, investment efficiency, pricing of buildings and construction work.

Prohlášení

Prohlášení:

Tímto prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval (a) samostatně a že jsem uvedl (a) všechny použité zdroje informací.

V Brně dne 10. 5. 2016

.....

podpis autora
Miroslav Halama

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 10.5.2016

.....

podpis autora
Miroslav Halama

Poděkování

Tímto chci poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Zdeňku Krejzovi, Ph.D., za odbornou pomoc a dohled nad smyslem celé práce, panu Ing. Janu Müllerovi, Ph.D., za seznámení a konzultaci s programem ENERGIE 2015. Dále chci poděkovat panu RNDr. Alešovi Tomčalovi, Ph.D., za pomoc i konzultace a své rodině za pevné nervy.

OBSAH

ÚVOD	8
1. UVEDENÍ DO PROBLEMATIKY A STANOVENÍ CÍLŮ	9
1.1. Problematika práce	9
1.2. Stanovení cílů práce	9
2. ENERGETICKY EFEKTIVNÍ VÝSTAVBA	100
2.1. Historie	100
2.2. Vývoj a novinky v energeticky efektivní výstavbě	111
2.3. Stavební materiály pro nízkoenergetické domy	11
2.4. Legislativa definovaná v rámci Evropské unie	122
2.5. Legislativa definovaná v rámci České Republiky	133
2.6. Využití obnovitelných zdrojů energie	133
2.7. Medializovaný příklad nízkoenergetické stavby	144
2.8. Definice pojmů spojených s problematikou práce	155
2.9. Definice tříd Penb	166
2.10. Přiblížení principu výpočtu Penb	17
2.10.1. Postup výpočtu dle vyhlášky č. 78/2013 Sb.	17
2.10.2. Přiblížení použitého softwaru pro výpočet	18
2.11. Tarifní reforma spotřeby elektrické energie	19
3. OCEŇOVÁNÍ	21
3.10. Definování základního názvosloví oceňování	211
3.11. Legislativa oceňování	22
3.12. Pravidla oceňování staveb	22
3.13. Pravidla oceňování stavebních prací	22
4. PŘÍPADOVÁ STUDIE	24
4.10. Seznámení s projektovou dokumentací RD	24
4.10.1. Návrh polohy objektu	24
4.10.2. Popis využití objektu	25
4.10.3. Konstrukční řešení a skladby konstrukcí objektu	26
4.10.4. Technické zařízení objektu	27
4.11. Klasifikační třída A energetické náročnosti budovy	27
4.11.1. Popis použitých konstrukcí a systému vytápění ve výpočtu	27
4.11.2. Výpočet součinitele prostupu tepla U jednotlivých konstrukcí	27
4.11.3. Vygenerovaný Penb a vyhodnocení výpočtu	30

4.11.4. Spotřeba elektrické energie RD	311
4.11.5. Stanovení orientační ceny dle RUSO 2015.....	31
4.11.6. Vytvoření rozpočtového ukazatele.....	31
4.12. Klasifikační třída B energetické náročnosti budovy	34
4.12.1. Popis použitých konstrukcí a systému vytápění ve výpočtu.....	34
4.12.2. Výpočet součinitele prostupu tepla U	34
4.12.3. Vygenerovaný Penb a vyhodnocení výpočtu	36
4.12.4. Spotřeba elektrické energie RD	37
4.12.5. Vytvoření rozpočtového ukazatele.....	37
4.13. Klasifikační třída C energetické náročnosti budovy	38
4.13.1. Popis použitých konstrukcí a systému na vytápění RD	3838
4.13.2. Výpočet součinitele prostupu tepla U jednotlivých konstrukcí ..	3838
4.13.3. Vygenerovaný Penb a vyhodnocení výpočtu	400
4.13.4. Spotřeba plynu a elektrické energie RD	411
4.13.5. Vytvoření rozpočtového ukazatele.....	41
4.14. Srovnání vypočtených orientačních nákladů.....	42
5. EKONOMICKÁ EFEKTIVNOST INVESTICE NA POŘÍZENÍ RD ...	43
5.10. Definice podmínek pro výpočet	43
5.11. Výpočet ekonomické efektivity investice.....	433
6. VYHODNOCENÍ PŘÍPADOVÉ STUDIE	455
6.1. Grafické znázornění výsledků a prognózy několika situací na trhu.	455
7. ZÁVĚR	47
POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE.....	49
SEZNAM TABULEK	511
SEZNAM OBRÁZKŮ	522
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	544
SEZNAM PŘÍLOH	55

ÚVOD

Závislost na vysoce nákladných energiích v 21. století nás nutí myslet více ekonomicky a řešit alternativy. Směrnice 2010/31/EU uvádí, že na celkové spotřebě energií v EU se ze 40 % podílí budovy [4]. Podle evropské legislativy bychom do několika let měli stavět domy blížíící se nulové spotřebě energie nebo budovy jim velmi podobné [10]. Nemluvíme pouze o snížení spotřeby energií, ale i o snížení emisí CO₂. Právě kvůli těmto požadavkům se novostavby začaly koncepčně řešit jako energeticky efektivní (nízkoenergetické, pasivní, nulové).

Klíčem k úspěšné realizaci těchto budov je již přípravná fáze. Vše se zakládá na vypracování kvalitního projektu a to pomocí softwarové podpory, která se stává nezbytnou. Zde se zohledňují možnosti pozemku, kompaktní a jednoduchý tvar budovy závislý na orientaci ke světovým stranám, systém vytápění/chlazení a přípravy teplé vody, skladby konstrukcí a mnohé další. [3]

Prvním a nejdůležitějším zájmem každého investora je počáteční investice. Její návratnost, případně její efektivní vynaložení. Navýšení nákladů při výstavbě nízkoenergetických domů dosáhne zvýšení maximálně o 15 %. Architekt Pavel Horák odhaduje návratnost této investice v řádech desítek let. [1]

V předchozích letech se většina investorů přikláněla ke klasickému řešení budov. Avšak s postupně narůstající poptávkou po energeticky efektivních budovách se zvýšila produkce návrhů nízkoenergetických domů, včetně používaných systému na výrobu energie, či specializace firem na výstavbu těchto budov. Pozitivním dopadem je dostupnost, a co považuji za nejdůležitější, snížení cen samotné realizace energeticky efektivních objektů. Jejich méně nákladnou výstavbou se zvýší i jejich počet.

1. UVEDENÍ DO PROBLEMATIKY A STANOVENÍ CÍLŮ

1.1. Problematika práce

Úkolem práce je předložit nejvýhodnější řešení komplexního návrhu námi zvoleného rodinného domu (RD). Pro získání správného vyhodnocení, zařadíme RD do různých tříd Průkazu energetické náročnosti budovy (Penb), který bude vzájemně porovnán. V závislosti na změně technického či konstrukčního řešení objektu, se bude měnit klasifikační třída Penb. Důsledkem již zmiňovaných změn narůstá/klesá cena počáteční investice do výstavby. Následně bude proveden výpočet posouzení efektivity investice, zohledňující pořizovací cenu a náklady na provoz objektu.

1.2. Stanovení cílů práce

Cílem této bakalářské práce je ekonomické vyhodnocení efektivnosti investice do RD z hlediska pořizovací ceny odvíjející se od konstrukčního provedení a ekonomické náročnosti RD. Tuto investici představují náklady spojené s pořízením objektu a se spotřebou energie při typickém užívání objektu. K posouzení je nezbytný orientační výpočet Penb a následné zařazení RD do určité klasifikační třídy. Dalším z cílů práce je popis závislosti použitých systémů na výrobu energie v kombinaci s konstrukčním řešením odrážející se na narůstajících/klesajících nákladech. Dále práce řeší ukazatel procentuálního stanovení rozdílů cen mezi klasifikačními třídami A až C Penb či seznámení s novinkami a trendy v nízkoenergetické výstavbě.

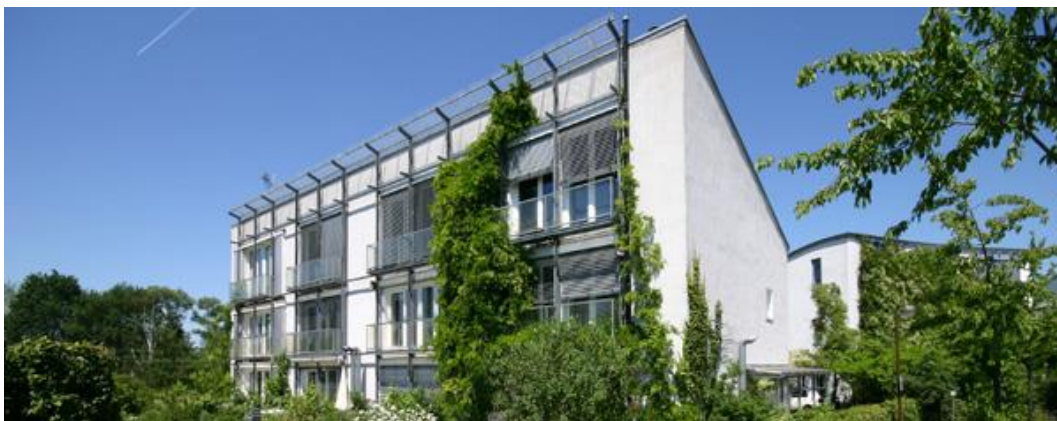
2. ENERGETICKY EFEKTIVNÍ VÝSTAVBA

2.1. Historie

Téma výstavby nízkoenergetických domů všem dozajisté připadá jako moderní vynález. Pravdivé je to však jen částečně. Část základních principů je již stovky let stará a výstavba těchto domů probíhala odjakživa, pouze takto stavby nebyly klasifikovány. V různých klimatických podmínkách po celém světě platí pravidlo, že pokud je obytná budova realizována kvalitně, tak nepotřebuje žádné dodatečné zdroje upravující vnitřní klima. Na principu fungování energeticky efektivní výstavby byla v roce 1883 vyhotovena výzkumná loď polárníka Fridtjofa Nansena nesoucí název Fram. Trup lodi, včetně stropů, byl zateplen za použití přibližně 40 centimetrů různých izolačních materiálů a okna byla vyrobena s trojitým zasklením. Dle Nansenových zápisků tak nebylo třeba v interiéru topit za jakýchkoliv venkovních teplot. O veškeré vyhřátí vnitřního prostoru se postarala petrolejová lampa. [28]

V 80. a 90. letech 20. století se o nízkoenergetické stavby zvedl zájem díky skupině německých vědců, jež začala zkoumat tuto problematiku v souvislosti s globálními ropnými šoky a energetickou krizí. První nulový dům vznikl při pokusech na univerzitě v Kodani a je do dnešní doby funkční a slouží jako ubytování pro hosty. Jeho roční měrná spotřeba tepla se pohybuje kolem $10\text{kWh} \cdot (\text{m}^2)^{-1}$. [28]

Jeden z nejzajímavějších projektů vznikl v Severní Americe ve Skalistých horách ve výšce 2000 metrů nad mořem. Tato stavba získala v roce 2011 ocenění od Institutu pasivních domů jakožto průkopnická stavba mezi pasivními domy. Následně bylo vybudováno několik staveb v konceptu pasivních domů, ale jak uvádí sami výzkumníci z Institutu pasivního domu v Darmstadtu- pasivní dům nebyl nikým „vynalezen“, princip jejich fungování byl spíše „objeven“. [28]

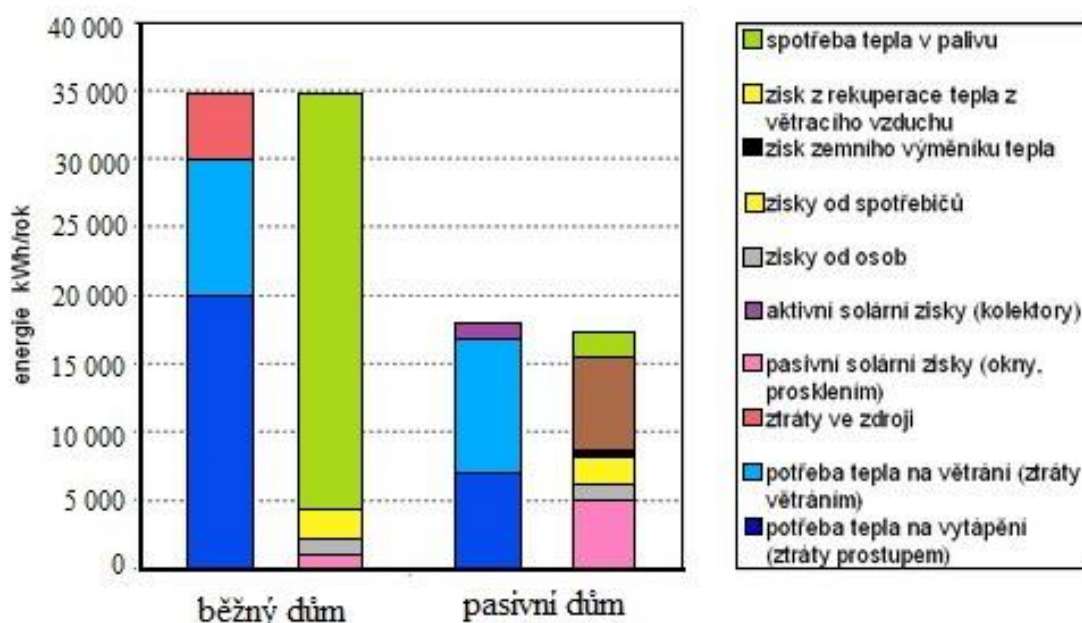


Obrázek 1 -Pasivní dům Darmstadt Kranichstein
(zdroj: www.wikipedia.cz)

2.2. Vývoj a novinky v energeticky efektivní výstavbě

Jak už bylo zmíněno v úvodu, na problematiku energetické náročnosti provozu stavebních objektů se klade velký důraz. Začala se hledat úsporná řešení směřující ke snížení provozních nákladů a spotřeby energie. Trendem a možným východiskem se ve stavebnictví stávají domy energeticky efektivní. Ty jsou přímo definovány nízkou spotřebou energie, avšak jsou zatíženy vyšší vstupní investicí. Na obrázku 2 je graf znázorňující energetickou potřebu budovy a její zisky nebo ztráty energie. Porovnání běžného a pasivního domu, dokazuje velké rozdíly potřeb energií a podíl připadající k úhradě.

Vývoj a novinky v této oblasti jsou ovlivněny reakcí na legislativu zabývající se kritérii na požadavky energetické náročnosti budov. Legislativu lze definovat v rámci Evropské unie a v rámci České republiky. V rámci Evropské unie došlo ke zpřísnění a přesnému stanovení podmínek a požadavků pro novou výstavbu. Tyto kroky jsou spolu s růstem cen energií příčinou zvýšení poptávky po nízkoenergetické výstavbě. Díky tomu výrobci zdokonalují své technologické postupy, kombinují odlišné materiály pro zlepšení vlastností konstrukcí nebo vyvíjejí efektivní způsoby dodávky energie do objektu.



Obrázek 2 - Graf porovnání energetických potřeb a jejich krytí-k úhradě připadá zelený sloupec
(zdroj: upraveno, www.ekowatt.cz)

2.3. Stavební materiály pro nízkoenergetické domy

Hlavní vliv na energetickou náročnost má nosná konstrukce a izolace. Nosná konstrukce ovlivňuje ekologickou stopu, která zasahuje do hodnocení kvality celkové stavby. Nízkoenergetický i pasivní dům je možné postavit z tradičních materiálů, pokud pomineme moderní dřevostavby a domy realizované z prvků, jež jsou předem připravené ve výrobní hale, jinak nazývané jako prefabrikáty.

Například pro konstrukci střechy je klíčové její zateplení a na samotné krytině potom už tolik nezáleží, ale pokud zvolíme při výběru betonovou krytinu, dostaneme materiál, jehož výroba má minimální energetickou náročnost a ekologickou stopu. Pro masivní zděnou obvodovou konstrukci se využívají prvky z kamene, keramiky, vápenopískový materiál nebo keramické tvarovky vylehčené otvory, které jsou v lepších případech vyplněny tepelnou izolací. Od nosných konstrukcí u energeticky efektivní výstavby se neočekává splnění energetických požadavků, ale přenesení účinků zatížení. [29]

Používané materiály se příliš neliší od tradiční výstavby. Významným kritériem u pasivních domů je míra vzduchotěsnosti obvodového pláště, která se prověřuje tak zvaným „blower-door“ testem za přetlaku nebo podtlaku 50 Pa. Principem tohoto testu je utěsnění veškerých otvorů a umístění ventilátoru do vstupních dveří. Podle toho kolik musí ventilátor dodat vzduchu za určitého tlakového rozdílu, se stanoví těsnost. Jako tepelná izolace, která zahrnuje zateplení podlahy, obvodových stěn a střechy, se běžně používá minerální vata nebo polystyren. Dostačující je i stříkaná polyuretanová izolace, sypaná izolace, lisovaná sláma, heraklit nebo ovčí vlna. [29]



Obrázek 3 - Ukázka blower-door testu
(zdroj: www.ekowatt.cz)

2.4. Legislativa definovaná v rámci Evropské unie

V rámci EU je tato problematika ošetřena směrnicí EU o energetické náročnosti budov z roku 2002 (2002/91/ES). V roce 2010 bylo vydáno přepracované znění výše zmíněné směrnice pod označením 2010/31/EU v plném rozsahu. Novela obsahuje úpravy původní směrnice a nově definuje administrativní nástroje ke snížení energetické náročnosti budov a zavádí nový pojem „budova s téměř nulovou spotřebou energie“.

Cílem a současně mottem směrnice 2010/31/EU je snížení spotřeby energie o 20 %, snížení emisí skleníkových plynů o 20 % a zvýšení podílů obnovitelných zdrojů energie o 20 %, a to do roku 2020 v porovnání s rokem 1990. Tento cíl by měl být realizován na základě vnitrostátního plánu jednotlivých členů EU. [15] [16]

2.5. Legislativa definovaná v rámci České Republiky

Česká Republika tuto problematiku řešila zákonem č. 406/2000 Sb., který stanovuje práva a povinnosti při nakládání s energiemi. Na základě plnění cílů daných EU byla zavedena směrnice 2010/31/EC v ČR, která vešla na začátku roku 2013 v platnost, a to změnou zákona č. 406/2000 Sb. ve smyslu změnového znění pod č. 318/2012 Sb. Problematika hodnocení energetické náročnosti budov byla upravena vyhláškou č. 148/2007 Sb., která byla později nahrazena vyhláškou č. 78/2013 Sb. s účinností od dubna 2013. Stávající vyhláškou byl definován nový pojem „referenční budova“ (viz kapitola 2.8.). Vyhláška dále řeší dřívější nejasnosti v povinnosti vystavení Průkazu energetické náročnosti budov (viz kapitola 2.8. Definice pojmů spojených s problematikou práce), a to následujícím způsobem:

Mezi ty, kteří si budou muset povinně obstarat Penb patří: a) stavitelé a vlastníci všech novostaveb, b) pronajímatelé či prodejci nemovitostí (do tohoto oddílu spadá i inzerce či jiná propagace a reklama (při prodeji přes realitní kancelář je za Penb zodpovědná ona)), c) osoby zabývající se renovací objektu (tzn. renovace 25 % celkové plochy obálky budovy). [5]

Výjimku, při níž průkaz nebude potřeba, představují: a) budovy památkové, b) stavby pro rodinnou rekreaci (objekty, které jsou v užívání pouze část roku a jejich spotřeba nepřekročí 25procentní hranici spotřeby energie, k níž by došlo v celoročním užívání), c) budovy určené pro náboženské účely, d) družstevní byty (jelikož se nejedná o prodej ani pronájem, ale o převedení práva k užívání), e) budovy s celkovou energeticky vztažnou plochou menší jak 250 m², f) domy postavené po roce 1947, které od té doby neprošly zásadní rekonstrukcí, a to v případě, že se tak kupující a prodávající písemně dohodnou. [5]

2.6. Využití obnovitelných zdrojů energie

Největším trendem a efektivním řešením obnovitelného zdroje energie je solární energie. Byla vyvinuta zařízení, jež umožňují využívat tuto energii k výrobě elektřiny (fotovoltaické panely) nebo tepla (solární kolektory). Moderní fotovoltaické panely vznikly v roce 1954 při experimentech s křemíkem, který je jejich důležitým prvkem. Problémem se stala účinnost solárních panelů pohybující se kolem 40 % pro ohřev vody a pro výrobu elektřiny kolem 15 %. Jejich životnost je 25 let [17]. Díky státní finanční podpoře zastoupené programem „Zelená úsporám“ se enormně zvýšila poptávka po systému založeném na využití obnovitelných zdrojů energie.

Jelikož se dá využívat i odpadní teplo, od roku 1970 se začali zavádět systémy větracích jednotek nesoucí název „rekuperece vzduchu“. Princip je založen na zpětném získávání tepla. Systém velmi výrazně snižuje množství energie, které je zapotřebí na dohřátí čerstvého vzduchu na teplotu interiéru a minimalizuje tepelné ztráty při větrání. Nejedná se však o systém vytápění, ale pouze o větrání. [28]

2.7. Medializovaný příklad nízkoenergetické stavby

Projektant a stavitel Marek Dudák po dvou letech prezentuje své zkušenosti s nízkoenergetickým domem, který sám navrhl a užívá ho. Koncept konstrukčního systému tvoří masivní obvodová konstrukce skládající se z vápenopískového zdiva, vnější tepelné izolace a patra obloženého dřevem s provětrávanou vzduchovou mezerou. Tato konstrukce zajišťuje po většinu roku v interiéru optimální teplotu bez přídavného vytápění či chlazení. V článku popisujícím zkušenosti s nízkoenergetickým domem majitel odpověděl na několik otázek. Jednou z nich byla, co by ve svém domě řešil jinak. Odpověď se týkala drobných změn v dispozici, výhod zvolené rekuperace vzduchu. Co považuje majitel za zbytečné je vybudovaný podzemní vzduchový kolektor, protože praxe ukázala, že jeho efektivní využití je minimální a nárazový provoz nehygienický. Dále by nahradil lehkou dvouplášťovou střechu masivní betonovou konstrukcí z důvodu lepších akumulčních schopností a kvůli zabránění letního přehřívání podkroví. Díky malé spotřebě energie nízkoenergetického domu by zvolil jednodušší a méně nákladný topný systém namísto teplovzdušného vytápění. Na obrázku 4 je vybudovaný RD rodiny Marka Dudáka, kde je vidět dřevěný obklad v exteriéru, terasa s přilehlým bazénem a koncept rozmístění okenních otvorů. [18]



Obrázek 4 - Nízkoenergetický dům popisovaný v kapitole 2.7.
(zdroj: www.bydleni.idnes.cz)

2.8. Definice pojmů spojených s problematikou práce

Průkaz energetické náročnosti budovy (Penb): průkazem energetické náročnosti se rozumí dokument, který obsahuje stanovené informace o energetické náročnosti budovy nebo ucelené části budovy. Pro budovy s podlahovou plochou nad 1000 m² je povinný od 1. ledna 2009 a budovy s podlahovou plochou nad 250 m² povinný od 1. Dubna 2013. [11]

Energetický štítek: představuje jednoduché hodnocení stavby, zda splňuje stanovené součinitele prostupu tepla, tedy zda dům z hlediska tepelných izolací odpovídá současným požadavkům. [12]

Tepelné mosty: pojem určuje místo v konstrukci, ve které dochází k větším tepelným tokům než v bezprostředním okolí tohoto místa. Jde tedy o místa, kudy uniká na jednotku plochy mnohem více tepelné energie než okolní konstrukcí při stejné ploše. [11]

Pasivní dům: dům, jehož roční potřeba tepla na vytápění je maximálně 20 kWh/m². Běžná česká novostavba spotřebuje na vytápění zhruba 80-100 kWh/ m²/rok. Pasivní dům v ČR definuje norma ČSN 73 0540. Tato norma stanovuje ještě další podmínky pro klasifikaci domu v pasivním standardu. [12]

Nízkoenergetický dům: dům, jehož roční potřeba tepla na vytápění nepřesahuje 50 kWh/m² vytápěné podlahové plochy. [12]

Součinitel prostupu tepla (U): hodnotí vliv celé konstrukce a k ní přilehlých vzduchových vrstev na šíření tepla prostupem. Stanovení hodnoty celkového součinitele prostupu tepla U se využívá norma ČSN 73 0540-4. [13]

Referenční budova: představuje výpočtově definovanou budovu téhož druhu, stejného geometrického tvaru a velikosti včetně prosklených ploch a částí, stejné orientace ke světovým stranám, stínění okolní zástavbou a přírodními překážkami, stejného vnitřního uspořádání a se stejným typickým užíváním a stejnými uvažovanými klimatickými údaji jako hodnocená budova, avšak s referenčními hodnotami vlastností budovy, jejích konstrukcí a technických systémů budovy. [5]

Neobnovitelný zdroj energie: takový zdroj, jehož vyčerpání je očekáváno v řádech sto let, ale jeho obnovení je mnohonásobně delší. [6]

Typické užívání budovy: obvyklý způsob užívání budovy v souladu s podmínkami vnitřního a venkovního prostředí a provozu stanoveným pro účely výpočtu energetické náročnosti budovy. [11]

2.9. Definice tříd Penb

Hraniční hodnoty tříd Penb pro RD jsou stanoveny vyhláškou 78/2013 Sb., stručný přehled lze nalézt na obrázku 5.

- Třída A - *Mimořádně úsporná*, v níž spotřeba energie musí klesnout pod $51 \text{ kW/m}^2/\text{rok}$. Do této třídy spadají všechny stavby definované jako „nulové domy“, které musí splnit podmínku spotřeby energie na vytápění menší jak $5 \text{ kW/m}^2/\text{rok}$, „pasivní domy“ splňující podmínku spotřeby energie na vytápění menší jak $20 \text{ kW/m}^2/\text{rok}$, a také „nízkoenergetické domy“ s menší spotřebou energie na vytápění než je $50 \text{ kW/m}^2/\text{rok}$. [6]
- Třída B - *Úsporná*, ve které by se měla spotřeba energie pohybovat od $51 \text{ kW/m}^2/\text{rok}$ do $97 \text{ kW/m}^2/\text{rok}$. [6]
- Třída C - *Vyhovující*, v níž by se měla spotřeba energie pohybovat od $98 \text{ kW/m}^2/\text{rok}$ do $142 \text{ kW/m}^2/\text{rok}$. Vyhláškou 78/2013 Sb., která vysvětluje princip výpočtu Penb je stanoveno, že všechny novostavby musejí splnit tuto klasifikační třídu. [6]
- Třída D - *Nevyhovující*, ve které se spotřeba energie pohybuje od $143 \text{ kW/m}^2/\text{rok}$ do $191 \text{ kW/m}^2/\text{rok}$. [6]
- Třída E - *Nehospodárná*, v níž se spotřeba energie pohybuje od $192 \text{ kW/m}^2/\text{rok}$ do $240 \text{ kW/m}^2/\text{rok}$. [6]
- Třída F - *Velmi nehospodárná*, ve které se spotřeba energie pohybuje od $241 \text{ kW/m}^2/\text{rok}$ do $286 \text{ kW/m}^2/\text{rok}$. [6]
- Třída G - *Mimořádně nehospodárná*, v níž je spotřeba větší jak $287 \text{ kW/m}^2/\text{rok}$. [6]

Druh budovy	Třída energetické náročnosti budovy						
	spotřeba energie v kWh/m ² /rok						
	A	B	C	D	E	F	G
	Mimořádně úsporná	Úsporná	Vyhovující	Nevyhovující	Nehospodárná	Velmi nehospodárná	Mimořádně nehospodárná
Rodinný dům	< 51	51–97	98–142	143–191	192–240	241–286	> 286
Bytový dům	< 43	43–82	83–120	121–162	163–205	206–245	> 245
Hotel a restaurace	< 102	102–200	201–294	295–389	390–488	489–590	> 590
Administrativní	< 62	62–123	124–179	180–236	237–293	294–345	> 345
Nemocnice	< 109	109–210	211–310	311–415	416–520	521–625	> 625
Vzdělávací zařízení	< 47	47–89	90–130	131–174	175–220	221–265	> 265
Sportovní zařízení	< 53	53–102	103–145	146–194	195–245	246–297	> 297
Obchodní	< 67	61–121	122–183	184–241	242–300	301–362	> 362

Obrázek 5 - Klasifikace jednotlivých tříd dle druhu využití objektu dle Penb vyhlášky č. 78/2013 Sb. (zdroj: www.tzb-info.cz)

Splnění energetické náročnosti pro novostavby je dáno vyhláškou a nejnižší vyhovující hranicí je třída C, a proto se v mé bakalářské práci budu nadále zabývat pouze prvními třemi třídami A, B a C.

2.10. Přiblížení principu výpočtu Pen_b

2.10.1. Postup výpočtu dle vyhlášky č. 78/2013 Sb.

Principy výpočtu jsou definovány dle vyhlášky. Tyto principy jsou založeny na způsobu a účinnosti jednotlivých procesů dodávky energie, která slouží k pokrytí spotřeby energie v dané zóně objektu (obr. 6). [5]

Pro stanovení této energie je potřeba vypočítat 3 ukazatele, a to:

- a) celková dodaná energie za rok
- b) průměrný součinitel prostupu tepla
- c) neobnovitelná primární energie za rok

Konkrétně v případě systému vytápění tento stav zastupuje stanovení účinnosti sdílení, distribuce a výroby energie systémem vytápění. S touto účinností dále stanovíme celkově dodanou energii do objektu na vytápění. Dále se počítá součet spotřeby energie (Q_{nd}) a pomocné energie (Q_{Aux}). Výsledek tohoto součtu odpovídá dílčí dodané energii (např. vytápění, chlazení apod.). Součtem všech dílčích dodaných energií získáme již zmiňovanou hodnotu celkově dodané energie do budovy. [5]

Dále lze stanovit (pro výpočet Pen_b není nutné):

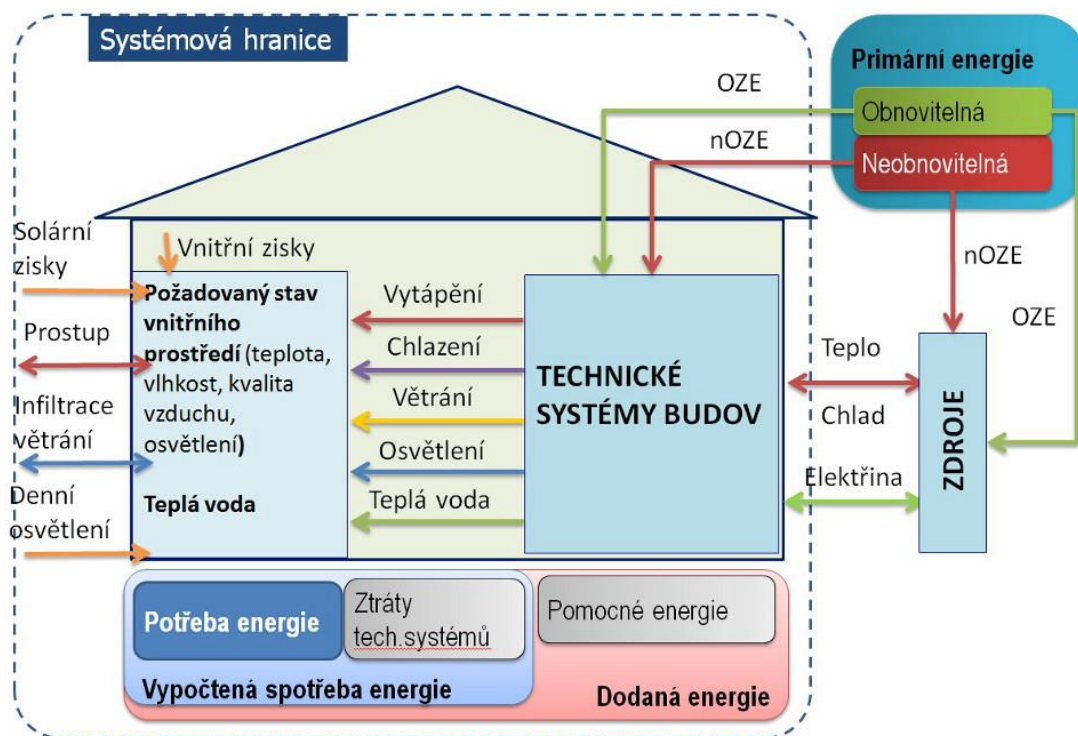
- d) celkovou primární energii za rok
- e) dílčí dodané energie za rok
- f) účinnost technického systému

Změny, oproti výpočtu prováděného dle vyhlášky č. 148/2007 Sb., nastaly ve stanovení dílčí dodané energie za rok pro přípravu teplé vody. V tomto případě se již nepracuje s dílčími účinnostmi technického systému (výroba, distribuce), ale pracuje se s jednotlivými ztrátami tepla dílčího procesu. [5]

Jedním z nových ukazatelů energetické náročnosti budov je „celková primární energie“ (obr. 6). Ta představuje energii, která neprošla procesem přeměny a je součtem obnovitelné a neobnovitelné primární energie. Neobnovitelná primární energie představuje energii pocházející z neobnovitelných zdrojů energie. Typickými příklady neobnovitelných zdrojů energie je především uhlí, ropa, zemní plyn a rašelina. [5]

Dalším novým pojmem je „referenční budova“ (kapitola 2.8.). Od hodnocené budovy se liší jen v parametrech obálky budovy a hodnotách parametrů technických systému, které jsou stanoveny vyhláškou 78/2013 Sb., kde je nalezneme v přílohách. U referenční budovy se uvažuje nulová vlastní produkce elektrické energie a předpokládá se nulové využití obnovitelných zdrojů energie. [5]

Pro zjednodušení, efektivnost a přesnost výpočtu Penb se v praxi používají počítačové programy fungující dle principu vyhlášky.



Obrázek 6 - Princip výpočtu energetické náročnosti budov
(zdroj: www.tzb-info.cz)

2.10.2. Přiblížení použitého softwaru pro výpočet

K praktickému provedení výpočtu bylo využito programu ENERGIE 2015 od firmy K-CAD, který je garantován odborníky z ČVUT v Praze. Program ENERGIE 2015 je určen pro komplexní hodnocení energetické náročnosti budov. Umožňuje výpočet průměrného součinitele prostupu tepla budovy, měrných tepelných toků, potřeby tepla na vytápění, dílčích dodaných energií (vytápění, chlazení, nucené větrání, úprava vlhkosti vzduchu, příprava teplé vody, osvětlení), produkci energie (solární kolektory, fotovoltaika, kogenerace), celkové dodané energie, primární energie (celkové i neobnovitelné) a emisí CO₂. Při výpočtu se zohledňují postupy a požadavky ČSN 730540, TNI 730329, TNI 730330, STN 730540, EN ISO 13790, EN ISO 13370, EN ISO 13789 a dalších evropských norem. Program zpracovává Penb podle vyhlášky MPO ČR č. 78/2013 Sb. a energetický štítek podle ČSN 730540-2. [14]

Popis jednotlivých zón v objektu: ZÓNA č. 1

Upravy Formulář (zóna) Pomůcky Rychlé posuny Konec práce s daty

☒ zahrnout tuto zónu do výpočtu energetické bilance budovy

Základní popis zóny Vnitřní zisky a osvětlení Větrání zóny a úprava vlhkosti Chlazení zóny Zdroje tepla

Zdroje chladu Příprava teplé vody Solární systémy Energonositele, primární energie a emise

☒ vypočítat primární energii a emise CO₂

Spotřeba energie (vytápění, chlazení...) Výroba energie (solární systémy a kogenerace) Referenční budova

Energonositel: **elektrina ze sítě** **zemní plyn** **nevyužitý** **nevyužitý**

V rozbalovacích menu jsou uvedeny nejběžnější transformační faktory pro vybrané energonositele podle vyhl. MPO ČR č. 78/2013 Sb. Jiné hodnoty můžete zadat s pomocí nápovědy.

Faktor neobnovitelné primární energie:	3,0	1,1	0,0	0,0
Faktor celkové primární energie:	3,2	1,1	0,0	0,0
Součinitel emisí CO ₂ v kg/kWh:	0,293	0,277	0,0	0,0

Podíl z dílčích potřeb energie připadající na jednotlivé energonositele v %:

Vytápění:	0,0 %	100,0 %	0,0 %	0,0 %	<input checked="" type="checkbox"/>
Chlazení a úprava vlhkosti:	100,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	<input checked="" type="checkbox"/>
Příprava teplé vody:	0,0 %	100,0 %	0,0 %	0,0 %	<input checked="" type="checkbox"/>
Osvětlení:	100,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	<input checked="" type="checkbox"/>
Pomocné energie (ventilátory, čerpadla...):	100,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	<input checked="" type="checkbox"/>

Výpočet primární energie a emisí CO₂ je podporován jen pro měsíční typ hodnocení.

Popis hlavních konstrukcí v dané zóně Popis doplňkových konstrukcí v dané zóně

Okna Stěny a střecha Podlaha a suterén Nevytápěné prostory

Formulář: 1. zóna: Rodinný dům

Formulář č. 1 Výběr 1 - 1

Akt. pomůcky:

Obrázek 7 - Příklad formuláře z použitého programu ENERGIE 2015

(zdroj: www.kcad.cz)

2.11. Tarifní reforma spotřeby elektrické energie

Začátkem příštího roku by měla Česká Republika projít tarifní reformou systému stanovení ceny za elektřinu. V současné době používané tarify jsou zastaralé a pro energetiky nevyhovující.

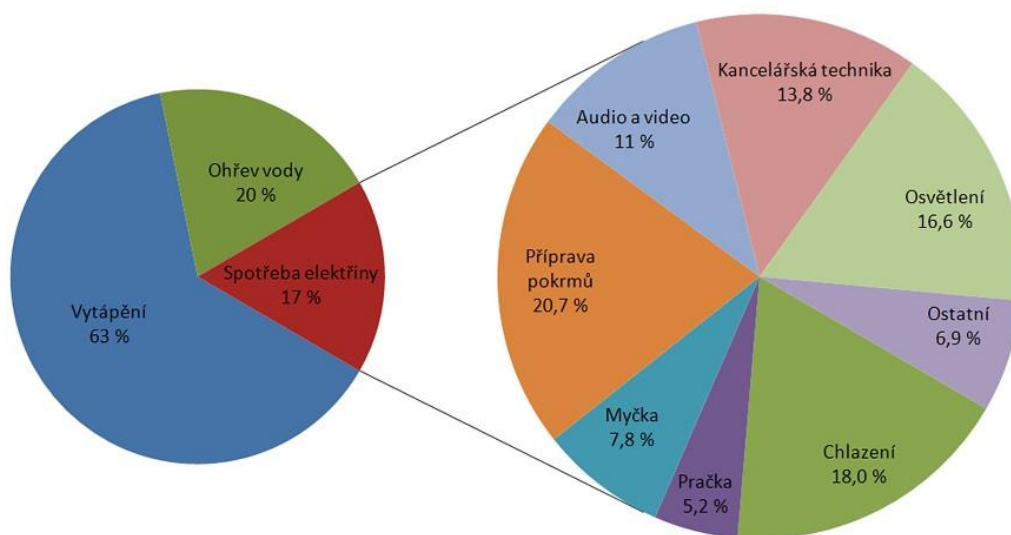
Výsledná cena elektrické energie, kterou spotřebitel zaplatí, je složena ze tří dílčích složek. Neregulovaná složka, která je určena dodavatelem elektrické energie. Regulovaná složka, která je určena Energetickým regulačním úřadem (ERÚ), a daňovou složkou zahrnující ekologickou daň a daň z přidané hodnoty. [23]

Změnou by měla hlavně projít regulovaná složka, jež zastupuje více než polovinu z celkově zaplacené ceny odběratelem. Odvíjet se bude od velikosti jističe a ne výše spotřeby, jak tomu bylo doposud. Tuto reformu si ERÚ ospravedlňuje skutečností, že tímto směrem se vydali mnozí z Evropských států.

Předpokladem do budoucna je samostatná výroba elektrické energie jednotlivými spotřebiteli, kteří by následně platili méně. Problém přichází v situaci, při níž přestane fungovat zdroj (to znamená slvit slunce), tak jak by měl. Následně domácnosti opět začínají odebírat plné kapacity dodávek energie ze sítě, za což by měly platit. Východiskem této logisticky náročné problematiky je instinktivní snižování hodnot jističe. [23]

Podle odborníků se však jedná pouze o okrajové řešení, jelikož každý jistič je dimenzován na pokrytí potřeb všech spotřebičů. S touto reformou nesouhlasí ekologové, kteří se domnívají, že dojde k negativní motivaci obyvatel elektřinou šetřit, což je v rozporu s vyšším zájmem společnosti. Pomocí nástroje kalkulačka, umístěném na webu si odběratelé mohou spočítat celkovou cenu, kterou by zaplatili po zavedení změn. [23] [24]

Dne 23. 2. 2016 premiér Bohuslav Sobotka návrh nových tarifů za elektřinu odmítl. Zároveň vyzývá předsedkyni ERÚ Alenu Vitáskovou, aby špatný návrh stáhla a ukončila veřejnou konzultaci. Hnutí DUHA a Komora OZE navrhuje, aby příprava nové tarifní struktury začala úplně od začátku. [26]



Obrázek 8 - Graf rozložení spotřeb energie v domácnosti
(zdroj: www.vitejtenazemi.cz)

3. OCEŇOVÁNÍ

Tato kapitola se zabývá základními pravidly oceňování staveb a stavebních prací. Jedná se především o seznámení se se základním názvoslovím a přiblížení základních způsobů a metod používaných v tomto odvětví. Legislativa oceňování je dána zákony a to jest Zákon o oceňování majetku č. 151/1997 Sb. a Zákon o cenách č. 526/1990 Sb.

3.1. Definování základního názvosloví oceňování

Cena: jedná se o peněžní vyjádření hodnoty zboží (služby), do které se promítají ekonomické (náklady) i mimoekonomické vlivy. Je definována ze dvou hledisek, prvním z pohledu odběratele a druhým z pohledu dodavatele. Ze strany odběratele se jedná o cenu ohodnocení či vyjádření kvality, vlastností, užitku výrobku nebo služby. Ze strany dodavatele se jedná o pokrytí nákladů a cíle zisku. Mezi základní typy cen patří pořizovací cena, jež představuje cenu pořízeného majetku s náklady souvisejícími s jeho pořízením a cena pořízení charakterizována jako cena pořízeného majetku bez nákladů souvisejících s jeho pořízením.

Dále pak vstupní cena, která vstupuje do kalkulace nákladů. Dále také reprodukční cena, nákladová cena, celková cena a cena majetku. [22]

Náklad: literatura definuje náklady jako spotřebu výrobních zdrojů peněžním vyjádřením. [22]

Zisk: hodnota rozdílu mezi výnosy a náklady. Tento ukazatel patří mezi základní ekonomické pojmy. [22]

Cenová kalkulace: tento pojem představuje výpočet ceny z vlastních nákladů nebo hodnot získaných průzkumem trhu. Především se jedná o způsob stanovení nákladů výpočtem. Ve stavební výrobě se nejčastěji používá typ kalkulace z vlastních nákladů a cíleného zisku, který je nazýván metoda úplných nákladů. [22]

Položkový rozpočet: je to forma sestavení ceny, jež má skladebnou strukturu. [22]

Stavba: je definována ze dvou hledisek, a to z konstrukčního a také z technologického. Pro tento pojem existuje mnoho definic, ale za tu nejpřesnější považují, že se jedná o výsledek stavební činnosti, jež slouží pro vybudování dlouhodobého hmotného majetku. [22]

Stavební práce: tímto pojmem se rozumí soubor prací a dodávek. Stavební práce členíme podle národního třídníku stavebních konstrukcí a prací, který je dále rozděluje na hlavní stavební práce a přidružené stavební práce. [22]

3.2. Legislativa oceňování

Zákon o oceňování majetku č. 151/1997 Sb. s účinností od 1. 1. 1998 v platném znění, upravuje způsoby oceňování věcí, práv a jiných majetkových hodnot a služeb. Majetek/služba se oceňují obvyklou cenou, pokud zákon nestanovuje jinak. Pojem obvyklá cena se rozumí cena, která byla dosažena při prodejkách stejného popřípadě podobného majetku. [20]

Zákon o cenách č. 526/1990 Sb. s účinností od 1. 1. 1991 v platném znění, se vztahuje na uplatňování, regulaci nebo kontrolu cen výrobků, výkonů, prací a služeb. Pro nás je v tomto případě důležitý obor stavitelství, kterému bude nadále věnována pozornost. [21]

3.3. Pravidla oceňování staveb

Toto ocenění může být prováděno dvěma způsoby. Prvním způsobem oceňování je podle cenových předpisů administrativní cenou a druhým způsobem je tržní ocenění nemovitosti, jež se používá při mimosoudním vyrovnání nebo dědickém řízení.

Stavba se oceňuje dle účelu jejího využití bez rozdílu, zda jde o movitou či nemovitou věc. Tvorba ceny stavby nebo její části se řeší nákladovým, výnosovým nebo porovnávacím způsobem a jejich kombinací. Mezi nejrozšířenější a nepoužívanější patří právě nákladově orientovaný způsob ocenění. Jeho základní princip je založen na kalkulaci nákladů, ke kterým se přičítá zisk. Nejdůležitější v postupu této metody je evidence nákladů. Ostatní metody ocenění se používají především na tvorbu cen zboží pro drobného spotřebitele. Nákladový způsob tvorby ceny používá pro stanovení výchozí hodnoty stavby: a) individuální cenovou kalkulaci, b) podrobný položkový rozpočet, c) metody agregovaných položek, d) propočet ceny. Nejpodrobnější, nejpřesnější, ale naopak nejpracnější je metoda individuální cenové kalkulace. Založena je na rozlišení jednotlivých prvků stavebních konstrukcí na základě druhu a výměry daného objektu. Výsledné objemy pro každý příslušný druh a provedení se násobí jednotkovou cenou, která je dohledatelná v katalogu cen stavebních prací. Přibližná a nejpravděpodobnější cena se stanoví pomocí propočtu ceny. [22]

Za zmínku dozajisté stojí metodiky, které platily a byly využívány do roku 1994, a to metoda třídy kvality a metoda bodovací. [22]

3.4. Pravidla oceňování stavebních prací

Ceny stavebních prací jsou oceňovány pomocí oceňovacích prvků. Tyto prvky dělíme na a) základní, mezi které patří jednotková cena, hodinová zúčtovací sazba b) vedlejší náklady, do nichž řadíme kompletační činnost, náklady spojené s umístěním stavby.

Nejpoužívanějším oceňovacím prvkem jsou jednotkové ceny, které jsou stanoveny jednicí stavební konstrukce také nazývanou jako kalkulační jednice. Tento pojem představuje výkon vymezený měřicí jednotkou, na který se kalkulují náklady (např. kg, ks, a jiné) [23]. V jednotkových cenách jsou obsaženy všechny náklady a zisk. Strukturu jednotkové ceny názorně zobrazuje obrázek 9.

Stavební práce lze ocenit i pomocí kalkulace. Pro tento typ ocenění se používají katalogy popisů a směrných cen stavebních prací obsahující směrné ceny, jež umožňují ocenění většiny stavebních prací. [22] [23]

Jednotková cena							
Přímé náklady						Nepřímé náklady	
Hmoty (náklady na přímý materiál)	Zpracovací náklady						Zisk (rozpočítávaný % sazbou ke každé položce)
	Přímé zpracovací náklady				Režie		
	Mzdy (náklady na přímé mzdy)	Stroje (náklady na provoz stavebních strojů a zařízení)	Ostatní přímé náklady		Režie výrobní (náklady spojené s výstavbou% sazbou do každé plošky)	Režie správní (náklady spojené se správou firmy rozpočítané % sazbou do každé položky)	
			Doplňkové ostatní přímé náklady (nájemné, doprava, zkoušky)	Odvody (sociální a zdravotní pojištění)			

Obrázek 9 - Struktura jednotkové ceny (zdroj: [23])

4. PŘÍPADOVÁ STUDIE

4.1. Seznámení s projektovou dokumentací RD

Pro správné zadání a vyhodnocení Penb, je nutné mít všechny dostupné a co možná nejpřesnější informace o poloze, využití, konstrukčním řešení, tvarech objektu, vyskytujících se skladbách konstrukcí, zdrojích energie a systémech vytápění.

4.1.1. Návrh polohy objektu

Podstatným faktorem při výpočtu je poloha objektu, z hlediska určení venkovní návrhové teploty (θ_e) používané pro výpočet tepelných ztrát. Venkovní návrhovou teplotu určíme dle teplotní mapy pro jednotlivé oblasti ČR. Na obrázku 10 je ukázka tabulky, kterou vytvořila specialista působící na Vysokém učení technickém v Brně na Ústavu technických zařízení budov, pro zjištění θ_e .

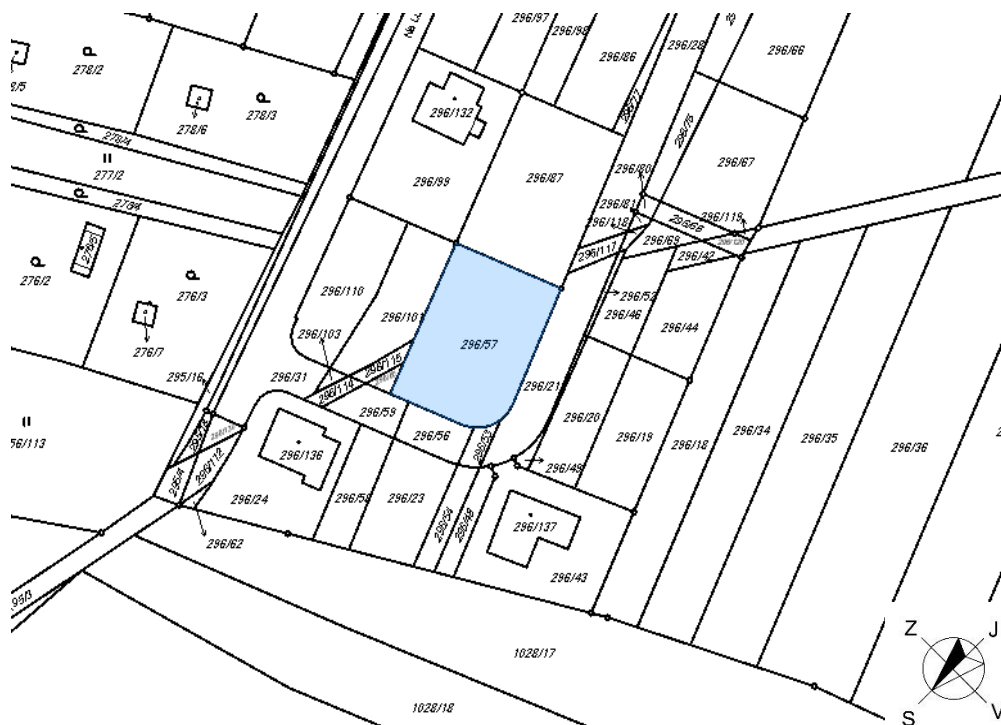
Návrh objektu polohy je situován do Jihočeského kraje, okres České Budějovice, obec Adamov. V této oblasti je návrhová venkovní teplota $\theta_e = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$, což lze vyčíst z tabulky pro výpočtovou venkovní teplotu.

Lokalita (místo měření)	Nadmořská výška	Venkovní výpočtová teplota	Otopné období pro					
			$t_{em}=12$		$t_{em}=13$		$t_{em}=15$	
			θ_{me}	d	θ_{me}	d	θ_{me}	d
	h	θ_e	$^{\circ}\text{C}$	$[-]$	$^{\circ}\text{C}$	$[-]$	$^{\circ}\text{C}$	$[-]$
Benešov	327	-15	3,5	234	3,9	245	5,2	280
Beroun (Králov Dvůr)	229	-12	3,7	225	4,1	236	5,3	268
Blansko (Dolní Lhota)	273	-15	3,3	229	3,7	241	5,1	275
Brno	227	-12v	3,6	222	4,0	232	5,1	263
Bruntál	546	-18v	2,7	255	3,3	271	4,8	315
Břeclav (Lednice)	159	-12	4,1	215	4,4	224	5,2	253
Česká Lípa	276	-15	3,3	232	3,8	245	5,1	282
České Budějovice	384	-15	3,4	232	3,8	244	5,1	279

Obrázek 10 - Ukázka tabulky výpočtové venkovní teploty (zdroj: [25])

Dalším důležitým faktorem je orientace objektu ke světovým stranám, kvůli následnému určení ochlazovaných ploch obálky budovy a energetickým ziskům ze sluneční energie procházející skrz prosklené plochy. Stěny objektu orientované na sever jsou více ochlazované než ty na jih, proto na ně mohou být kladeny větší požadavky (např.: z hlediska zateplení a podobně).

Hlavní vchod do hodnoceného objektu je směřován na sever. Nejvíce prosklené části objektu, kde se jedná o hlavní obytné místnosti, jsou orientované na jižní stranu.



Obrázek 11 - Výsek z katastrální mapy plánované polohy domu
(zdroj: www.cuzk.cz)

4.1.2. Popis využití objektu

Projekt RD je navržen pro čtyř-až pětičlennou rodinu jako jednopodlažní bungalov s přistavěnou garáží. Hlavní vstup do objektu je řešen v prvním nadzemním podlaží (1.NP) pomocí betonového vyrovnávajícího stupně. Byt se skládá ze vstupní chodby, haly, čtyř obytných místností, obývacího pokoje spojeného s jídelním koutem, kuchyně, WC a koupelny s WC. V budově se také nachází technická místnost a přistavěná garáž. Součástí domu je terasa, na kterou je přístup z hlavních obytných místností.

V hale, která je středem objektu, je umístěno půdní skládací schodiště. Výkresy prováděcí dokumentace, upřesňující velikost dispozice interiéru, jsou k nahlédnutí v příloze č. 1.

Pro úplnost přikládám fotografii RD z katalogu (obrázek 12), na které je zachycena část s terasou orientovanou na jihozápad. Bohužel je tato vizualizace bez přistavěné garáže, která je v našem projektu navržena.



Obrázek 12 - Fotografie rodinného domu
(zdroj: www.awdomy.cz)

4.1.3. Konstrukční řešení a skladby konstrukcí objektu

Základní konstrukční a materiálové řešení je převzato z technické zprávy, která byla poskytnuta k projektové dokumentaci a je součástí příloh. V kapitole případové studie dochází ke změnám systému vytápění, zdrojů energie, skladbě svislých nosných konstrukcí nebo tloušťky použitého tepelně izolačního materiálu v konstrukcích z důvodu dosažení různých tříd energetické náročnosti budov A, B a C. Popis konstrukcí uvedených v projektu je v tuto situaci obecný, tak jak jej navrhl architekt s projektantem.

Základové konstrukce jsou navrženy z bednicích tvárnic na monolitických základových pasech (beton C12/15) vyztužených v dolní části síťovinou.

Svislá nosná konstrukce obvodového zdiva je navržena z keramických tvárnic HELUZ FAMILY 38 (broušené cihly spojované celoplošným lepidlem), vnitřní nosné zdivo z keramických tvárnic HELUZ FAMILY 25 a příčky z keramických tvárnic HELUZ 8. Objekt je z větší části bez stropní konstrukce se zavěšeným sádkartonovým systémem podhledu a část se sádkartonovým obložním krovu.

Dřevěná vaznicová soustava s fošnovými krokviemi o rozměrech 100/200 MM (š/v) je zvolena jako konstrukce střechy. Střešní krytina je navržena z betonové tašky BRAMAC- ALPSKÁ TAŠKA. Jako izolace proti vlhkosti a vodě navržena lepenka HYDROBIT V 60 S35.

Zateplení obvodového zdiva řešeno kontaktním zateplovacím systémem NOBASIL tl. 80 MM. Tepelná izolace zastřešení typu NOBASIL v celkové tloušťce 260 MM (jedná se o minerální vatu).

Všechna okna a dveře na terasu jsou navrženy dřevěné nebo plastové, s izolačním trojsklem a celoobvodovým kováním. Součinitel prostupu tepla okna max. $U = 1,0 \text{ W} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{K})^{-1}$.

4.1.4. Technické zařízení objektu

Objekt je napojen na veřejný vodovodní řád, kanalizační řád, plynovod a veřejnou elektrickou síť.

Ústřední vytápění je v projektové dokumentaci řešeno použitím plynového kotle.

4.2. Klasifikační třída A energetické náročnosti budovy

4.2.1. Popis použitých konstrukcí a systému vytápění ve výpočtu

Pro řešení nosné obvodové stěny byla zvolena konstrukce skládající se z perlitové vnější omítky, EPS polystyrenu, keramická broušená tvárnice typu HELUZ FAMILY 38 2v1 a vnitřní omítky.

Systémem pro vytápění je tepelné čerpadlo vzduch/voda typ NIBE F 2030-7 (s akumulací nádrží o objemu 125 l, výkonem 7 kW a spotřebě cca 6 250 kWh/rok), které je zároveň využíváno k přípravě teplé vody. RD má na střeše nainstalované solární tepelné kolektory (o celkové ploše 15 m², orientované na jih). Elektrická energie je ze sítě dále využívána na osvětlení vnitřního prostředí objektu a provoz.

Jako výplň okenních otvorů byla zvolena dřevěná Eurookna s izolačním trojsklem (součinitel prostupu tepla $U = 0,7 \text{ W} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{K})^{-1}$). Výplň dveřních vstupních otvorů jsou dřevěné dveře se zasklením (součinitel prostupu tepla $U = 1,2 \text{ W} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{K})^{-1}$).

Střešní konstrukce se skládá ze střešní krytiny BRAMAC betonové tašky, minerální vaty ROCKWOOL, parotěsné zábrany, sádkartonového podhledu a nosných konstrukcí jednotlivých částí.

Skladba podlahové konstrukce ležící na zemině je navržena následující: podlahová krytina, beton, tepelná izolace, hydroizolace, beton základové konstrukce.

4.2.2. Výpočet součinitele prostupu tepla U jednotlivých konstrukcí

Výpočet je definován vztahy (1) a (2):

$$R = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,01}{0,18} = 0,056 \text{ m}^2 \cdot (\text{K} \cdot \text{W})^{-1} \quad (1)$$

Vzorec 1 - Výpočet tepelného odporu kce pro vnější omítku; d- tloušťka, λ- součinitel tepelné vodivosti, R- tepelný odpor konstrukce

$$U_T(U) = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} = \frac{1}{R_T} =$$

$$= \frac{1}{0,056 + 5,882 + 6,129 + 0,056} = 0,082 \text{ W} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{K})^{-1} \quad (2)$$

Vzorec 2 - Výpočet součinitele prostupu tepla kcí pro obvodovou nosnou zeď; R- tepelný odpor konstrukce, U- součinitel prostupu tepla

Legenda použitých součinitelů je uvedena v popisku tabulek. Dílčí části skladby konstrukce, jež se liší mezi jednotlivými třídami Penb, jsou pro přehlednost a snadnou orientaci modře zakroužkovány přímo v tabulce. Normové a doporučené hodnoty součinitele U jsou převzaty z normy ČSN 73 0540-4. [27]

Tabulka 4.1. - Výpočet součinitele prostupu tepla obvodové stěny; d- tloušťka, λ- součinitel tepelné vodivosti, R- tepelný odpor konstrukce, U- součinitel prostupu tepla, U_{N,20}- požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla, U_{REC,20}- doporučená hodnota součinitele

Obvodová nosná zeď	d	λ	R	U	U _{N,20}	U _{REC,20}
	m	W·(mK) ⁻¹	m ² ·(K·W) ⁻¹	W·(m ² ·K) ⁻¹	W·(m ² ·K) ⁻¹	W·(m ² ·K) ⁻¹
Omítka vnější, tenkovrstvá silikonová	0,01	0,180	0,056	0,082	1,3	0,9
EPS desky	0,20	0,034	5,882			
Keramická tvárnice HELUZ FAMILY 38	0,38	0,062	6,129			
Vnitřní omítka, tepelně izolační	0,01	0,180	0,056			

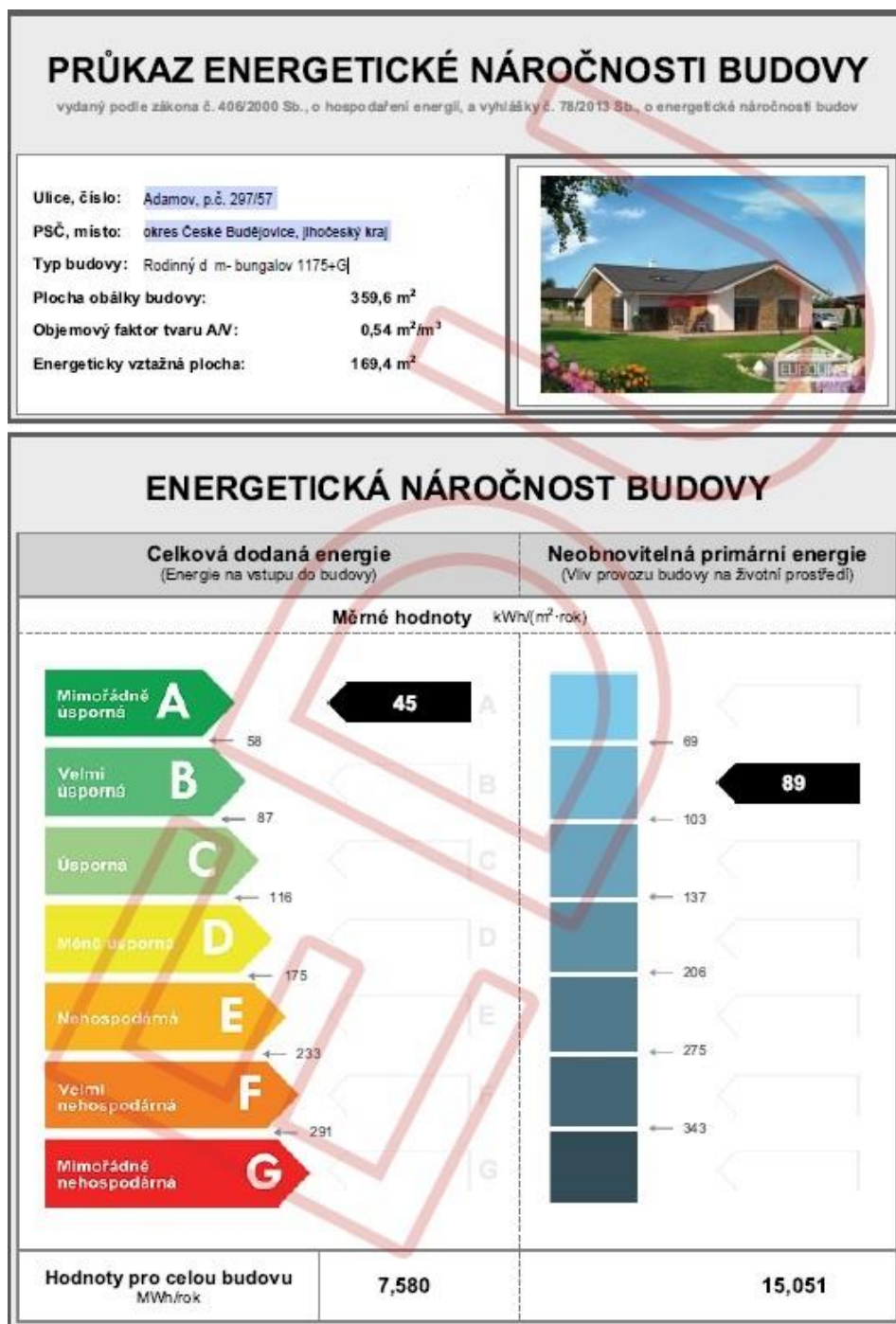
Tabulka 4.2. - Výpočet součinitele prostupu tepla podlahy; d- tloušťka, λ- součinitel tepelné vodivosti, R- tepelný odpor konstrukce, U- součinitel prostupu tepla, U_{N,20}- požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla, U_{REC,20}- doporučená hodnota součinitele

Podlahová kce	d	λ	R	U	U _{N,20}	U _{REC,20}
	m	W·(mK) ⁻¹	m ² ·(K·W) ⁻¹	W·(m ² ·K) ⁻¹	W·(m ² ·K) ⁻¹	W·(m ² ·K) ⁻¹
Laminátová parketa	0,010	0,180	0,056	0,11	0,45	0,30
Pěnová podložka Mirelon	0,003	0,050	0,060			
Samonivelační stěrka	0,050	0,500	0,100			
Textilie	0,001	0,050	0,020			
EPS polystyrenové desky	0,300	0,034	8,822			
Hydroizolace	0,004	0,200	0,020			

Tabulka 4.3 - Výpočet součinitele prostupu tepla střechy; d- tloušťka, λ - součinitel tepelné vodivosti, R- tepelný odpor konstrukce, U- součinitel prostupu tepla, $U_{N,20}$ - požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla, $U_{REC,20}$ - doporučená hodnota součinitele

Střešní kce	d m	λ $W \cdot (m \cdot K)^{-1}$	R $m^2 \cdot (K \cdot W)^{-1}$	U $W \cdot (m^2 \cdot K)^{-1}$	$U_{N,20}$ $W \cdot (m^2 \cdot K)^{-1}$	$U_{REC,20}$ $W \cdot (m^2 \cdot K)^{-1}$
Střešní krytina BRAMAC	0,010	0,026	0,385	0,115	0,24	0,16
Latě a konlatě	0,100	0,080	1,250			
Difúzní hydroizolační fólie	0,001	0,200	0,005			
Minerální vata ROCKWOOL	0,300	0,080	1,875			
Parozábrana	0,001	0,200	0,005			
Sádkartonové desky	0,015	0,220	0,068			

4.2.3. Vygenerovaný Penb a vyhodnocení výpočtu



Obrázek 13 - Průkaz energetické náročnosti hodnocené budovy
(zdroj: program Energie2015)

Použitý projekt RD s výše uvedenými specifikacemi konstrukčního řešení a systému vytápění se zařadil do klasifikační třídy A s hodnotou energetické náročnosti budovy 7 580 kWh/rok.

4.2.4. Spotřeba elektrické energie RD

Spotřeba elektrické energie celého objektu je 7 580 kWh/rok. Průměrná (NT, VT) sazba elektřiny pro tarif D45d na rok 2015 u zvoleného dodavatele E.ON je zatížena cenou 2,23 Kč/kWh. [19]

Celkový provozní náklad RD za rok = $7\,580 \times 2,23 = 16\,903$ Kč

4.2.5. Stanovení orientační ceny dle RUSO 2015

Cenové ukazatele nebo ceny podle účelových jednotek jsou základním prvkem pro stanovení prvních propočetů ceny stavby. Protože jsou tyto ukazatele stanoveny podle staveb realizovaných dříve a slučují ceny různorodých stavebních objektů, využívaných pro daný účel, je potřeba k této ceně přistupovat pouze jako informativní počáteční hodnotě s malou přesností nezohledňující konkrétní údaje stavby. Cenové ukazatele vyjadřují hodnotu základních rozpočtových nákladů (ZRN). Proto je nutností dokalkulovat podle konkrétních podmínek stavby vedlejší rozpočtové náklady (VRN), které budou uvažovány ve výši 4 % ze ZRN. Ceny jsou uvedeny bez zatížení daně z přidané hodnoty. Výsledné ceny jsou uvažovány bez rezerv.

Zvolený RD pro tuto studii se řadí do skupiny 803 - budovy pro bydlení. Konstruktivně materiálová charakteristika je vyhodnocena jako oddíl 1 svislá nosná konstrukce zděná z cihel, tvárnic, bloků.

Orientační cena na 1m^3 obestavěného prostoru =	4 806 Kč
Obestavěný prostor RD =	$807,3\text{ m}^3$
Výsledná cena ZRN = $4\,806 \times 807,3 =$	3 879 884 Kč
Výsledná cena VRN (4 %) = $3\,879\,884 \times 0,04 =$	155 195 Kč

Orientační cena objektu = $\text{ZRN} + \text{VRN} = 3\,879\,884 + 155\,195 = 4\,035\,079$ Kč.

4.2.6. Vytvoření rozpočtového ukazatele

Náplní a cílem této studie nebylo sestavení přesného položkového rozpočtu objektu. Proto bylo pro cílené porovnání pořizovací ceny objektu potřeba vytvoření rozpočtového ukazatele. Ten přesně definuje a zohledňuje použité skladby konstrukcí a jejich tloušťky ve výpočtu Penb. Vytvořený rozpočtový ukazatel bude zaměněn za již stanovený v RUSO 2015 v cenové hladině URS Praha. Vytvořen bude pomocí rozpočtovacího softwaru stanovující náklady stavebních objektů a prací KROS 4. Princip zjištění hodnoty rozpočtového ukazatele je založen na pěti jednoduchých krocích.

- 1) Získání cen lišících se stavebních oddílů vytvořením položkového rozpočtu.
- 2) Porovnání orientačních cen získaných z RUSO 2015 se získanými v předchozím bodě.
- 3) Rozdíl orientační ceny celého objektu s hodnotou, jež zastupuje součet cen lišících se oddílů vypočítaných dle RUSO 2015.
- 4) Přičtení sumy cen získaných v bodě 1) k hodnotě vypočítané v bodě 3) a výsledkem bude celková cena ZRN hodnoceného RD.

- 5) Podílem ceny ZRN a obestavěného prostoru bude vytvořen rozpočtový ukazatel pro danou třídu.

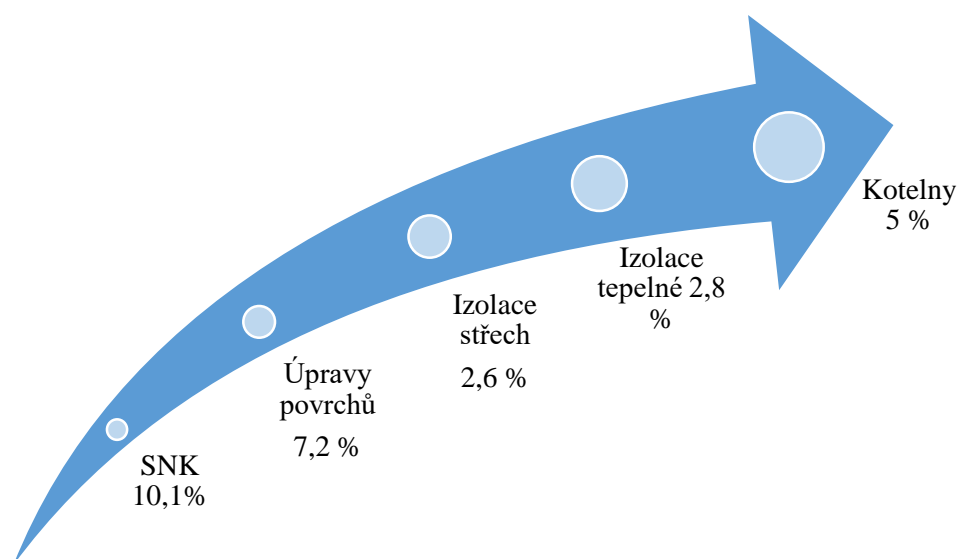
Po provedení těchto kroků bude možné zhodnocení ekonomické efektivity investice do výstavby RD.

Výpočet rozpočtového ukazatele:

- 1) Položkový rozpočet
Kompletní vytvořený položkový rozpočet je k nahlédnutí v příloze.
- 2) Porovnání získaných cen
Tepelné čerpadlo vzduch/voda typ NIBE F2030-7 = 200 000 Kč. Použitá cena tepelného čerpadla je zvolena jako průměr z několika katalogů cen dodavatelů. V této klasifikační třídě je využíváno pro výrobu elektrické energie solárních kolektorů o ploše 10 m². Pořizovací cena je orientačně stanovena na 150 000 Kč.

Tabulka 4.4. - Ceny zaměňovaných stavebních oddílů v projektu pro třídu A

JKSO	Název	Procentuální zastoupení z RUSO 2015	Původní cena	Skutečná cena	Procentuální zastoupení skutečné ceny
3	Svislé a kompletní konstrukce	13,2 %	512 145 Kč	390 233 Kč	10,1 %
6	Úpravy povrchů	9,5 %	368 589 Kč	277 853 Kč	7,2 %
712	Izolace střech	1,4 %	44 455 Kč	104 480 Kč	2,6 %
713	Izolace tepelné	1,8 %	69 838 Kč	109 764 Kč	2,8 %
731	Kotelny	1,3 %	50 439 Kč	200 000 Kč	5 %
Cena celkem			1 045 466 Kč	1 082 330 Kč	



Obrázek 14 - Procentuální zastoupení odlišných stavebních oddílů objektu v třídě A Penb

- 3) výsledná cena ZRN z RUSO – suma cen lišících se stavebních oddílů
 $3\,879\,884 - 1\,045\,466 = 2\,834\,418 \text{ Kč}$
- 4) suma cen lišících se stav. oddílů + pořizovací náklady na solární kolektory
 $1\,082\,330 + 150\,000 = 1\,232\,330 \text{ Kč}$
cena RD bez stav. oddílů + suma skutečných cen lišících se stav. oddílů
 $2\,834\,418 + 1\,232\,330 = 4\,066\,748 \text{ Kč}$
- 5) cena ZRN / obestavěný prostor RD
 $4\,066\,748 / 807,3 = 5\,038 \text{ Kč}$

Rozpočtový ukazatel pro klasifikační třídu A je 5 038 Kč.

Výsledná cena ZRN objektu zařazeného do třídy A = 4 066 748 Kč.

Výsledná cena VRN (4 %) = $3\,916\,748 \times 0,04 = 156\,663 \text{ Kč}$

Cena RD třídy A = $ZRN + VRN = 4\,066\,748 + 156\,663 = 4\,223\,411 \text{ Kč}$

4.3. Klasifikační třída B energetické náročnosti budovy

4.3.1. Popis použitých konstrukcí a systému vytápění ve výpočtu

Konstrukční řešení objektu pro třídu B se liší oproti předcházející třídě A ve skladbě obvodové stěny, pro kterou byla tentokrát použita skladba skládající se z perlitové vnější omítky, keramická broušená cihla typu HELUZ FAMILY 50 a vnitřní omítky.

U podlahové konstrukce byla použita tloušťka EPS polystyren 150 MM namísto původních 300 MM.

Typ a skladba střešní konstrukce byla použita totožná jako v předchozím případě, to jest v třídě A.

Systémem pro vytápění je opět tepelné čerpadlo vzduch/voda.

V části týkající se výplní otvorů také nedošlo k žádným změnám.

4.3.2. Výpočet součinitele prostupu tepla U

Tabulka 4.5. - Výpočet součinitele prostupu tepla obvodové stěny; d- tloušťka, λ - součinitel tepelné vodivosti, R- tepelný odpor konstrukce, U- součinitel prostupu tepla, $U_{N,20}$ - požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla, $U_{REC,20}$ - doporučená hodnota součinitele

Obvodová nosná zed'	d m	λ $W \cdot (m \cdot K)^{-1}$	R $m^2 \cdot (K \cdot W)^{-1}$	U $W \cdot (m^2 \cdot K)^{-1}$	$U_{N,20}$ $W \cdot (m^2 \cdot K)^{-1}$	$U_{REC,20}$ $W \cdot (m^2 \cdot K)^{-1}$
Omítka vnější, tenkovrstvá silikonová	0,01	0,180	0,056	0,139	1,3	0,9
Keramická tvárnice HELUZ FAMILY 50	0,50	0,075	6,667			
Vnitřní omítka, tepelně izolační	0,01	0,180	0,056			

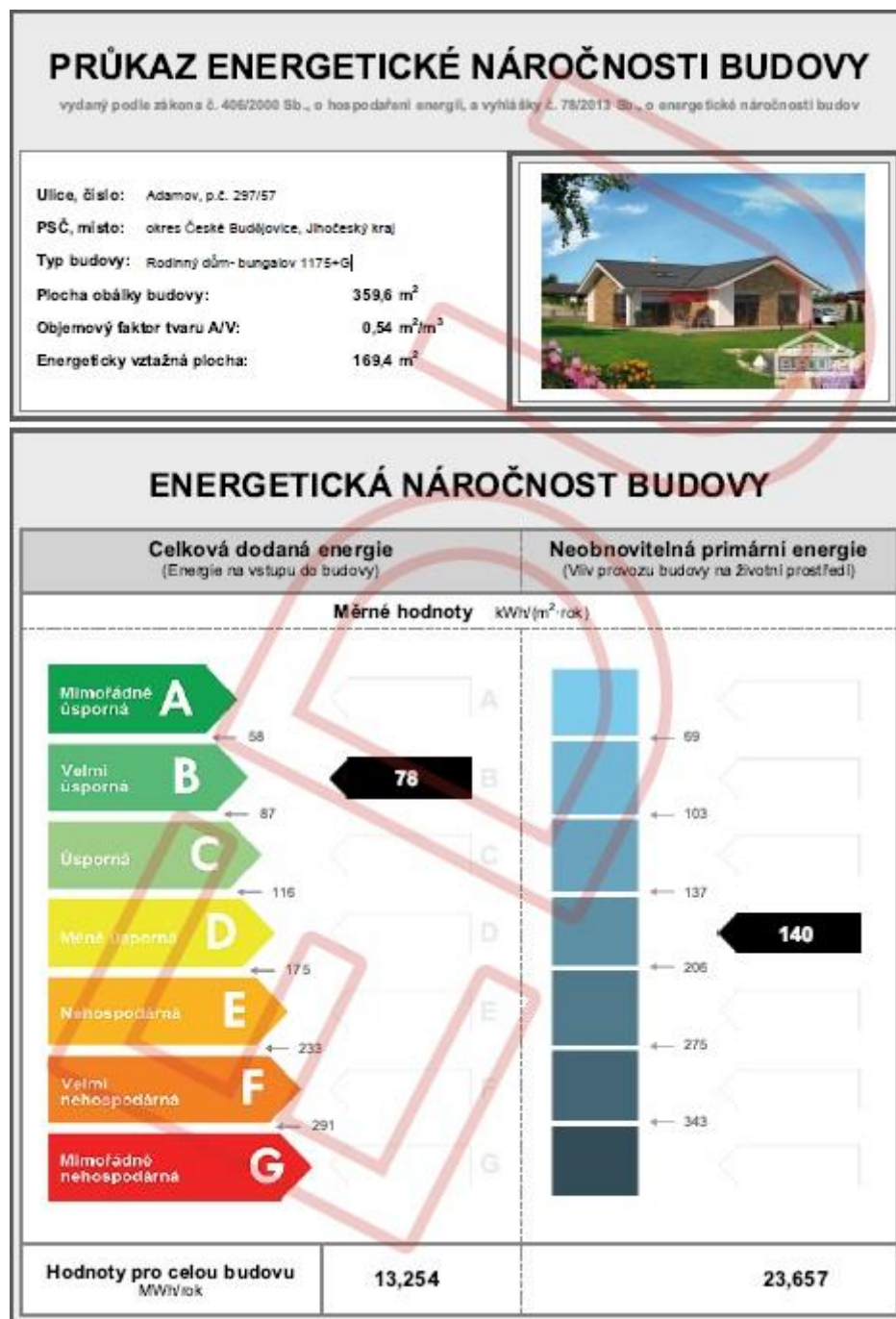
Tabulka 4.6. - Výpočet součinitele prostupu tepla podlahy; d- tloušťka, λ - součinitel tepelné vodivosti, R- tepelný odpor konstrukce, U- součinitel prostupu tepla, $U_{N,20}$ - požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla, $U_{REC,20}$ - doporučená hodnota součinitele

Podlahová kce	d	λ	R	U	$U_{N,20}$	$U_{REC,20}$
	m	$W \cdot (m \cdot K)^{-1}$	$m^2 \cdot (K \cdot W)^{-1}$	$W \cdot (m^2 \cdot K)^{-1}$	$W \cdot (m^2 \cdot K)^{-1}$	$W \cdot (m^2 \cdot K)^{-1}$
Laminátová parketa	0,010	0,180	0,056	0,21	0,45	0,30
Pěnová podložka Mirelon	0,003	0,050	0,060			
Samonivelační stěrka	0,050	0,500	0,100			
Textilie	0,001	0,050	0,020			
EPS polystyrenové desky	0,150	0,034	4,412			
Hydroizolace	0,004	0,200	0,020			

Tabulka 4.7. - Výpočet součinitele prostupu tepla; d- tloušťka, λ - součinitel tepelné vodivosti, R- tepelný odpor konstrukce, U- součinitel prostupu tepla, $U_{N,20}$ - požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla, $U_{REC,20}$ - doporučená hodnota součinitele

Střešní kce	d	λ	R	U	$U_{N,20}$	$U_{REC,20}$
	m	$W \cdot (m \cdot K)^{-1}$	$m^2 \cdot (K \cdot W)^{-1}$	$W \cdot (m^2 \cdot K)^{-1}$	$W \cdot (m^2 \cdot K)^{-1}$	$W \cdot (m^2 \cdot K)^{-1}$
Střešní krytina BRAMAC	0,010	0,026	0,385	0,228	0,24	0,16
Latě a kontralatě	0,100	0,080	1,250			
Difúzní hydroizolační fólie	0,001	0,200	0,005			
Minerální vata ROCKWOOL	0,150	0,080	1,875			
Parozábrana	0,001	0,200	0,005			
Sádrokartonové desky	0,015	0,220	0,068			

4.3.3. Vygenerovaný Penb a vyhodnocení výpočtu



Obrázek 15 - Průkaz energetické náročnosti hodnocené budovy
(zdroj: program Energie2015)

Použitý projekt RD s výše uvedenými specifikacemi konstrukčního řešení a systému vytápění se zařadil do klasifikační třídy B s hodnotou energetické náročnosti budovy 13 254 kWh/rok.

4.3.4. Spotřeba elektrické energie RD

Spotřeba elektrické energie celého objektu je 13 254 kWh/rok. Průměrná (NT, VT) sazba elektřiny pro tarif D45d na rok 2015 u zvoleného dodavatele E.ON je zatížena cenou 2,23 Kč/kWh. [19]

Celkový provozní náklad RD/ rok = $13\,254 \times 2,23 = 29\,556$ Kč

4.3.5. Vytvoření rozpočtového ukazatele

Pro klasifikační třídu energetické náročnosti budov B, bude výpočet rozpočtového ukazatele totožný s předchozí třídou.

1) Položkový rozpočet

Kompletní vytvořený položkový rozpočet je k nahlédnutí v příloze.

2) Porovnání získaných cen

Hlavní komponent systému vytápění - tepelné čerpadlo vzduch/voda typ NIBE F2030-7 = 200 000 Kč. Tato použitá cena je zvolena jako průměr z katalogů cen několika dodavatelů.

Tabulka 4.8. - Ceny zaměřovaných stavebních oddílů v projektu pro třídu B

JKSO	Název	Procentuální zastoupení z RUSO 2015	Původní cena	Skutečná cena	Procentuální zastoupení skutečné ceny
3	Svislé a kompletní konstrukce	13,2 %	512 145 Kč	432 089 Kč	11,1 %
6	Úpravy povrchů	9,5 %	368 589 Kč	277 853 Kč	7,2 %
712	Izolace střech	1,4 %	44 455 Kč	104 480 Kč	2,6 %
713	Izolace tepelné	1,8 %	69 838 Kč	64 704 Kč	1,7 %
731	Kotelny	1,3 %	50 439 Kč	200 000 Kč	5 %
Cena celkem			1 045 466 Kč	1 079 131 Kč	

3) výsledná cena ZRN z RUSO – suma cen lišících se stavebních oddílů
 $3\,879\,884 - 1\,045\,466 = 2\,834\,418$ Kč

4) cena RD bez stav. oddílů + suma skutečných cen lišících se stav. oddílů
 $2\,834\,418 + 1\,079\,131 = 3\,913\,549$ Kč

5) cena ZRN / obestavěný prostor RD
 $3\,913\,549 / 807,3 = 4\,848$ Kč

Rozpočtový ukazatel pro klasifikační třídu B je 4 848 Kč.

Výsledná cena ZRN objektu zařazeného do třídy A = 3 916 748 Kč

Výsledná cena VRN (4 %) = $3\,916\,748 \times 0,04 = 156\,663$ Kč

Cena RD třídy A = ZRN + VRN = $3\,913\,549 + 156\,542 = 4\,070\,091$ Kč

4.4. Klasifikační třída C energetické náročnosti budovy

4.4.1. Popis použitých konstrukcí a systému na vytápění RD

Konstrukční řešení a použité skladby jsou totožné s předchozí klasifikační třídou B.

Systémem pro vytápění je plynový kotel typ CerapurSmart (výkon 8,1 až 20 kW) s průtokovým ohřevem teplé vody. Elektrickou energii čerpanou ze sítě využíváme dále na osvětlení vnitřního prostředí objektu a běžný provoz domácnosti.

4.4.2. Výpočet součinitele prostupu tepla (U) jednotlivých konstrukcí

Tabulka 4.9. - Výpočet součinitele prostupu tepla obvodové stěny; d- tloušťka, λ - součinitel tepelné vodivosti, R- tepelný odpor konstrukce, U- součinitel prostupu tepla, $U_{N,20}$ - požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla, $U_{REC,20}$ - doporučená hodnota součinitele

Obvodová nosná zeď	d	λ	R	U	$U_{N,20}$	$U_{REC,20}$
	m	$W \cdot (m \cdot K)^{-1}$	$m^2 \cdot (K \cdot W)^{-1}$	$W \cdot (m^2 \cdot K)^{-1}$	$W \cdot (m^2 \cdot K)^{-1}$	$W \cdot (m^2 \cdot K)^{-1}$
Omítka vnější, tenkovrstvá silikonová	0,01	0,180	0,056	0,139	1,3	0,9
Keram.tvárnice HELUZ FAMILY 50	0,5	0,075	6,667			
Vnitřní omítka, tepelně izolační	0,01	0,180	0,056			

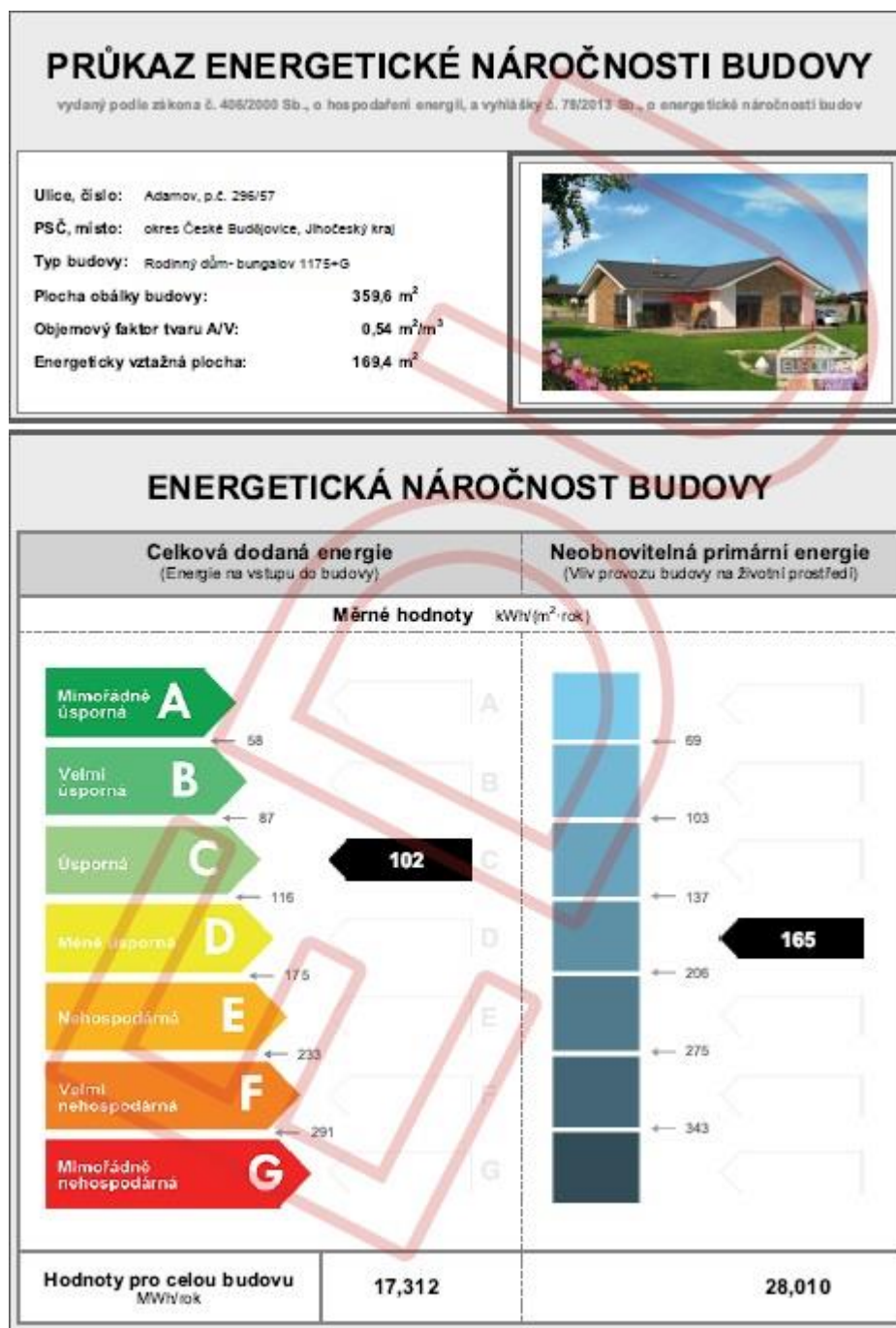
Tabulka 4.10. - Výpočet součinitele prostupu tepla podlahy; d- tloušťka, λ - součinitel tepelné vodivosti, R- tepelný odpor konstrukce, U- součinitel prostupu tepla, $U_{N,20}$ - požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla, $U_{REC,20}$ - doporučená hodnota součinitele

Podlahová kce	d	λ	R	U	$U_{N,20}$	$U_{REC,20}$
	m	$W \cdot (m \cdot K)^{-1}$	$m^2 \cdot (K \cdot W)^{-1}$	$W \cdot (m^2 \cdot K)^{-1}$	$W \cdot (m^2 \cdot K)^{-1}$	$W \cdot (m^2 \cdot K)^{-1}$
Laminátová parketa	0,010	0,180	0,056	0,21	0,45	0,30
Pěnová podložka Mirelon	0,003	0,050	0,060			
Samonivelační stěrka	0,050	0,500	0,100			
Textilie	0,001	0,050	0,020			
EPS polystyrenové desky	0,150	0,034	8,824			
Hydroizolace	0,004	0,200	0,020			

Tabulka 4.11. - Výpočet součinitele prostupu tepla střechy; d- tloušťka, λ - součinitel tepelné vodivosti, R- tepelný odpor konstrukce, U- součinitel prostupu tepla, $U_{N,20}$ - požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla, $U_{REC,20}$ - doporučená hodnota součinitele

Střešní kce	d	λ	R	U	$U_{N,20}$	$U_{REC,20}$
	m	$W \cdot (m \cdot K)^{-1}$	$m^2 \cdot (K \cdot W)^{-1}$	$W \cdot (m^2 \cdot K)^{-1}$	$W \cdot (m^2 \cdot K)^{-1}$	$W \cdot (m^2 \cdot K)^{-1}$
Střešní krytina BRAMAC	0,010	0,026	0,385	0,228	0,24	0,16
Latě a kontralatě	0,100	0,080	1,250			
Difúzní hydroizolační fólie	0,001	0,200	0,005			
Minerální vata ROCKWOOL	0,150	0,080	1,875			
Parozábrana	0,001	0,200	0,005			
Sádrokartonové desky	0,015	0,220	0,068			

4.4.3. Vygenerovaný Penb a vyhodnocení výpočtu



Obrázek 16 - Průkaz energetické náročnosti hodnocené budovy
(zdroj: program Energie2015).

Použitý projekt RD s výše uvedenými specifikacemi konstrukčního řešení a systému vytápění se zařadil do klasifikační třídy C s hodnotou energetické náročnosti budovy 17 312 kWh/rok.

4.4.4. Spotřeba plynu a elektrické energie RD

Rozdělení spotřeby energie RD mezi rozdílné zdroje je převzato z vygenerovaného Penb. Celková spotřeba elektrické energie RD je 4 720 kWh/rok. Sazba elektřiny pro tarif D02d na rok 2015 u zvoleného dodavatele E.ON je zatížena cenou 4,75 Kč/kWh. [19]

Roční náklad za spotřebu elektrické energie = $4\,720 \times 4,75 = 22\,420$ Kč.

Definovaný plynový kotel spotřebuje 12 592 kWh/rok. Cena za 1 kWh plynu je 1,46 Kč. [19]

Roční náklad za spotřebu plynu = $12\,592 \times 1,46 = 18\,384$ Kč.

Celkový náklad na pokrytí energií RD = $22\,420 + 18\,384 = 40\,804$ Kč.

4.4.5. Vytvoření rozpočtového ukazatele

Orientační cena objektu dle RUSO 2015 = $ZRN + VRN = 3\,879\,884 + 155\,195 = 4\,035\,079$ Kč

Pro klasifikační třídu energetické náročnosti budov C, bude výpočet rozpočtového ukazatele totožný s předchozí třídou.

1) Položkový rozpočet

Kompletní vytvořený položkový rozpočet je k nahlédnutí v příloze.

2) Porovnání získaných cen

Hlavní komponent systému vytápění- plynový kotel typ CerapurSmart (výkon 8,1 až 20 kW) = 30 425 Kč. Tato použitá cena je zvolena jako průměr z katalogů cen několika dodavatelů.

Tabulka 4.12. - Ceny zaměňovaných stavebních oddílů v projektu pro třídu C

JKSO	Název	Procentuální zastoupení z RUSO 2015	Původní cena	Skutečná cena	Procentuální zastoupení skutečné ceny
3	Svislé a kompletní konstrukce	13,2	512 145 Kč	432 089 Kč	11,1
6	Úpravy povrchů	9,5	368 589 Kč	277 853 Kč	7,2
712	Izolace střech	1,4	44 455 Kč	104 480 Kč	2,6
713	Izolace tepelné	1,8	69 838 Kč	64 704 Kč	1,7
731	Kotelny	1,3	50 439 Kč	30 425 Kč	0,8
Cena celkem			1 045 466 Kč	909 556 Kč	

3) výsledná cena ZRN z RUSO – suma cen lišících se stavebních oddílů
 $4\,879\,884 - 1\,045\,466 = 2\,834\,418$ Kč

4) cena RD bez stav. oddílů + suma skutečných cen lišících se stav. oddílů
 $2\,834\,418 + 909\,556 = 3\,743\,974$ Kč

5) cena ZRN ÷ obestavěný prostor RD
 $3\,743\,974 / 807,3 = 4\,638$ Kč

Rozpočtový ukazatel pro klasifikační třídu C je 4 638 Kč.

Výsledná cena ZRN objektu zařazeného do třídy C = 3 743 974 Kč.

Výsledná cena VRN(4 %) = 3 743 974 x 0,04 = 149 759 Kč

Cena RD třídy A = ZRN + VRN = 3 743 974 + 149 759 = 3 893 733 Kč.

4.5. Srovnání vypočtených orientačních nákladů

Tabulka 4.13. - Přehled cen rozpočtových ukazatelů

Klasifikační třída Penb	Rozpočtový ukazatel na 1m ³ obestavěného prostoru	Rozdíl ceny oproti třídě C
A	5 038 Kč	400 Kč
B	4 848 Kč	210 Kč
C	4 638 Kč	-

Tabulka 4.14. - Přehled nákladů na pořízení RD

Klasifikační třída Penb	Celkový náklad na pořízení RD	Rozdíl ceny oproti třídě C
A	4 223 411 Kč	329 678 Kč
B	4 070 091 Kč	176 358 Kč
C	3 893 733 Kč	-

Tabulka 4.15. - Přehled nákladů na provoz RD

Klasifikační třída Penb	Celkový náklad na provoz RD	Rozdíl ceny oproti třídě C
A	16 903 Kč	23 901 Kč
B	29 556 Kč	11 248 Kč
C	40 804 Kč	-

5. EKONOMICKÁ EFEKTIVNOST INVESTICE NA POŘÍZENÍ RODINNÉHO DOMU

Důvodem proč se realizují projekty nízkoenergetických a pasivních domů je doba návratnosti investice, nízký provozní náklad objektu a efektivní využívání obnovitelných zdrojů energie.

Kapitola se věnuje vytvoření analýzy ekonomické efektivity do pořízení RD, v řešení prvních třech klasifikačních tříd energetické náročnosti budov A, B, C, včetně jeho provozních nákladů.

5.1. Definice podmínek pro výpočet

RD patří mezi hmotné reálné investice, zdrojem jeho financování bude z vlastních zdrojů a samotná realizace by začala na počátku roku 2016.

Inflace, uvažována na růst cen energií, je chápána jako oslabení reálné hodnoty (tj. kupní síly) dané měny vůči zboží a službám, jenž spotřebitel kupuje. Tato hodnota, bude vyjádřena přírůstkem ročního indexu spotřebitelských cen, který vyjadřuje procentní změnu průměrné cenové hladiny za 12 posledních měsíců proti průměru 12 předchozích měsíců. Výše inflace stanovená Českým statistickým úřadem je 4 %. Předpokladem je, že tato hodnota bude totožná po celé období, uvažované ve výpočtu.

Diskontní faktor (3), použit na peněžní toky při výpočtu doby návratnosti investice, bude uvažován ve výši 2 %. Zvolená diskontní sazba je nízká, jako například u termínovaných účtů.

5.2. Výpočet ekonomické efektivity investice

Základními cenami na pořízení a provoz RD budou ty, jež byly vypočítány pro klasifikační třídu C a budeme porovnávat, kolik oproti nim ušetříme na provozních nákladech tříd A a B. Získané rozdíly budou snižovat počáteční investiční náklad na výstavbu RD. Pro ověření správnosti výpočtu ekonomické efektivity investice je níže uveden postup pro první rok doby návratnosti projektu RD klasifikační třídy A Penb.

$$D = \frac{1}{(1 + r)^n}$$

$$D (2 \%) = \frac{1}{(1+0,02)^1} = 0,98039 \quad (3)$$

Vzorec 3 - Výpočet diskontního faktoru; r = výše diskontní sazby, n = příslušný rok, pro který počítáme diskontní faktor

Rozdíl cen pořízení = náklad na pořízení RD třídy C - náklad na pořízení RD třídy A
 Rozdíl cen pořízení = 3 893 733 - 4 223 411 = - 329 678 Kč

Rozdíl cen provozu = náklad na provoz RD třídy C - náklad na provoz třídy A
 Rozdíl cen provozu = 40 804 - 16 903 = 23 901 Kč
 Inflace (4 %) = 23 901 + (23 901 x 0,04) = 24 857 Kč

Úspora oproti třídě C = rozdíl cen pořízení + rozdíl cen provozu vč. inflace

Úspora oproti třídě C = - 329 678 + 24 857 = - 304 821 Kč

Diskontovaná úspora = - 304 821 x 0,98039 = -298 844 Kč

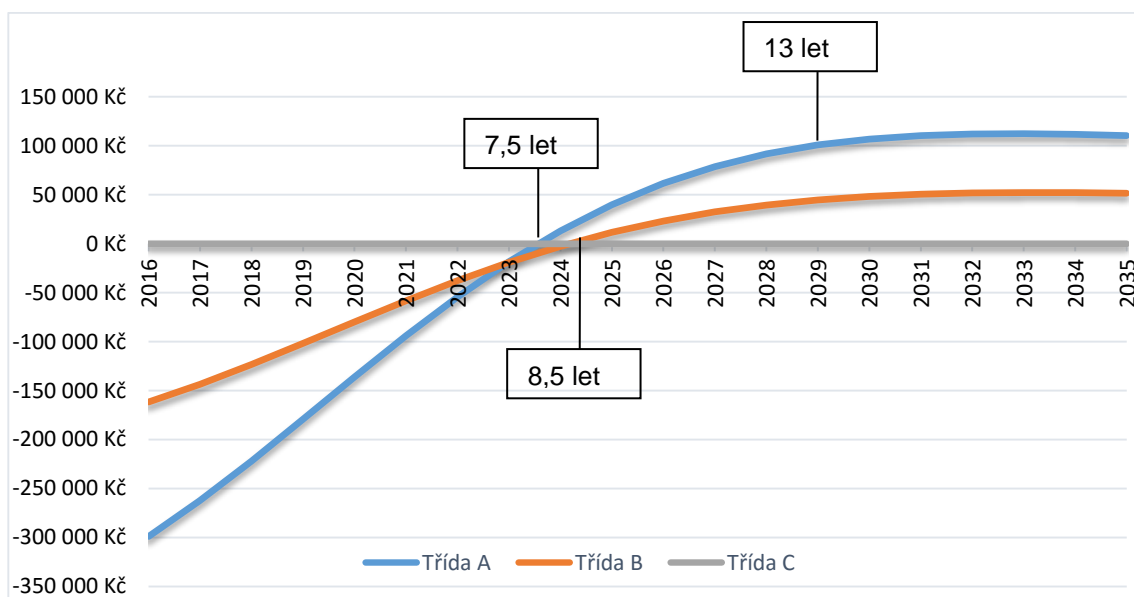
Tabulka 5.1. - Ukázka výpočtu ekonomické efektivity projektu

Klasifikační třída Penb	Náklad na pořízení RD	Náklad na provoz RD v roce 2015	Rozdíl ceny pořízení oproti třídě C	Rozdíl ceny provozu RD oproti třídě C v roce 2016 bez inflace	Rozdíl ceny provozu RD oproti třídě C v roce 2016 s inflací	Výpočet diskontované úspory oproti třídě C pro rok 2016	Výpočet diskontované úspory oproti třídě C pro rok 2035
A	4 223 411 Kč	16 903 Kč	-329 678 Kč	23 901 Kč	24 857 Kč	-298 844 Kč	110 435 Kč
B	4 070 091 Kč	29 556 Kč	-176 358 Kč	11 248 Kč	11 698 Kč	-161 431 Kč	51 639 Kč
C	3 893 733 Kč	40 804 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
Diskontní faktor 2 %						0,98039	0,67297

6. VYHODNOCENÍ PŘÍPADOVÉ STUDIE

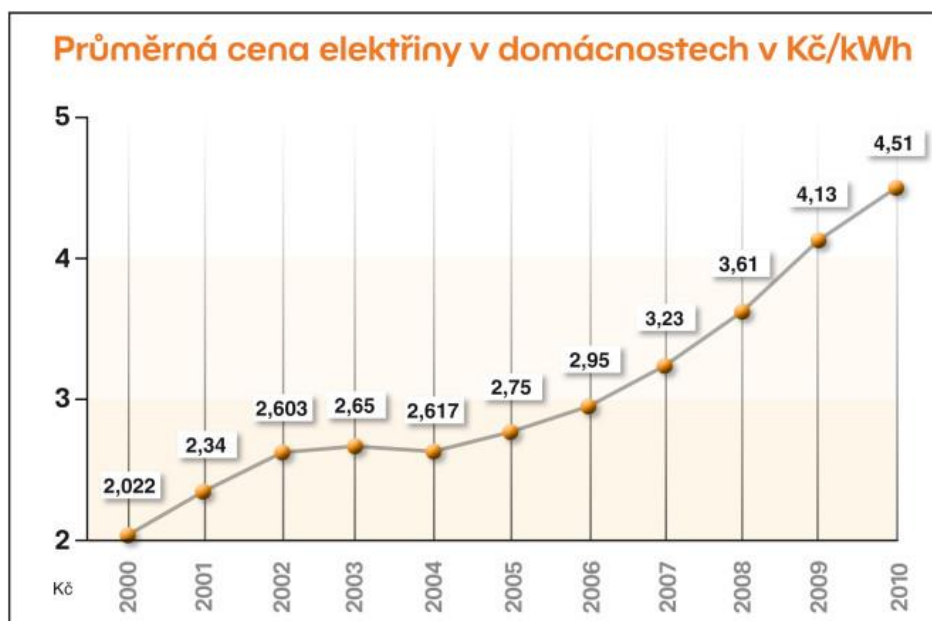
6.1. Grafické znázornění výsledků a prognózy několika situací na trhu

Výsledkem výpočtu ekonomické efektivity investice je doba návratnosti 7,5 let projektu RD zařazeného do třídy A. Skutečnost vysokých pořizovacích nákladů a nízkých provozních nákladů oproti projektu RD zařazeného do třídy C nám dokázala, že se opravdu vyplatí v předinvestiční fázi projektu vynaložit vyšší finanční prostředky. Investice do projektu v klasifikační třídě B Penb se vrátí po 8,5 letech provozu projektu. Nicméně z dlouhodobějšího hlediska se jako nejefektivnější jeví projekt RD zařazený do třídy A, protože po 13 letech se úspora vyšplhala až k 100 000 Kč.



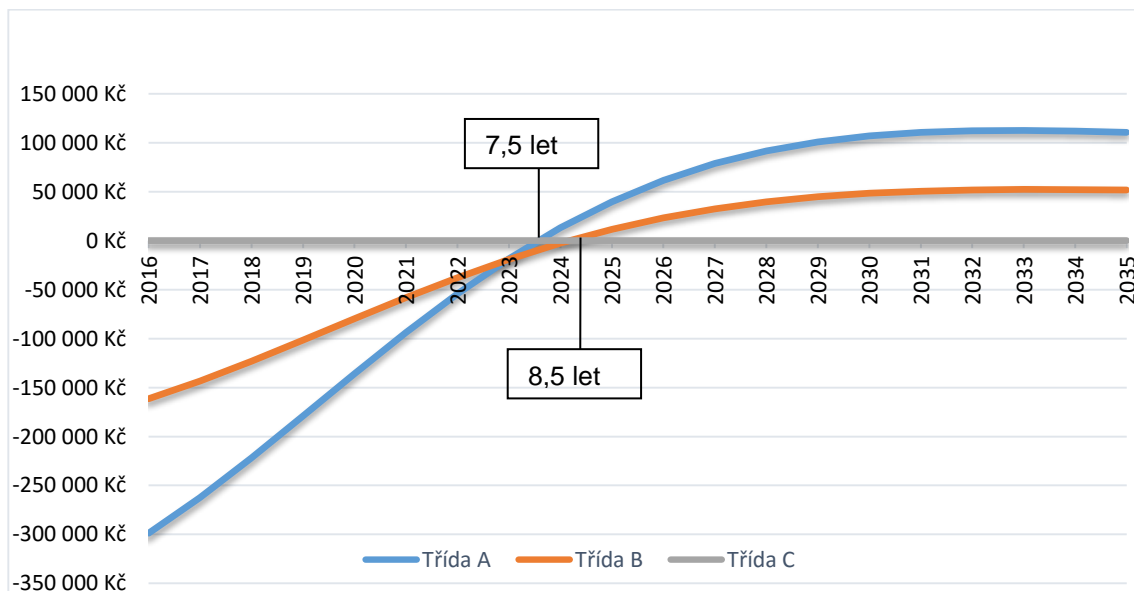
Obrázek 17 - Graf doby návratnosti investice v řádech let zohledňující zadanou roční inflaci

Vzhledem ke skutečnosti existence státních intervencí zvýhodňujících ceny elektrické energie pro energeticky efektivní budovy nelze předpokládat jejich plánovaný růst, a proto je do prognózy růstu cen elektrické energie zahrnuta pouze cena základního tarifu. Na základě historie průměrné ceny elektrické energie lze předpokládat její růst podle grafu č. 4. Historii ceny elektrické energie budeme uvažovat v časovém úseku 10 let od roku 2000, která vzrostla o 123 %. Roční nárůst je průměrně 12,3 %, což představuje 0,297 Kč.



Obrázek 18 - Graf předpokladu růstu ceny elektrické energie průměrně o 12,3 % ročně
(zdroj: www.tn.nova.cz)

Graf č. 5 zohledňující nárůst elektrické energie prokazuje, že na dobu návratnosti investice do RD to nemá skoro žádný vliv, jelikož se jedná o investici pohybující se v několika miliónech korun.



Obrázek 19 - Graf vlivu narůstající ceny elektrické energie na dobu návratnosti investice

7. ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo popsat trendy v oblasti nízkoenergetické výstavby se zaměřením na ekonomické aspekty ve vazbě na průkaz energetické náročnosti budov. Na energeticky efektivní výstavbu se v posledních letech klade velký důraz, jelikož je patrná snaha snížit provozní náklady budov. Vývoj a novinky v této oblasti jsou dány legislativou Evropské unie o energetické náročnosti budov. Směrnice 2010/31/EU vydána v roce 2010 jasně definuje náplň cílů do roku 2020, k nimž by měla směřovat celá Evropa, a jednotlivé státy by snížení spotřeb energií měli řešit vnitrostátně. Česká republika řeší tuto problematiku směrnicí 2010/31/EC zákonem č. 318/2012 Sb. upraveným vyhláškou č. 78/2013 Sb. Tato vyhláška vyřešila dřívější nejasnosti povinnosti vystavení Penb. Jednou z možností, jak efektivně snižovat provozní náklady budov, je využitím obnovitelných zdrojů energie jako například solární energie. Vznikem fotovoltaických panelů, které tuto energii využívají a jsou podporovány finančním dotačním programem Zelená úsporám, se zvýšila poptávka po stavebních objektech v konceptu energeticky efektivní stavby. Největší a nejudržovanější databází v České republice je katalog objektů Centra pasivního domu. Nyní obsahuje 323 objektů ze 14 tuzemských krajů. Zkušenosti s nízkoenergetickou stavbou po dvou letech užívání stavitele Marka Dudáka jsou popsány v kapitole 2.1.4.

Ve 4. kapitole jsou definovány základní pojmy a pravidla oceňování. Stanovení celkové ceny je legislativně dáno Zákonem o oceňování majetku č. 151/1997 Sb. a Zákonem o cenách č. 526/1990 Sb. Jednou ze zjištěných zajímavostí se stala skutečnost, že pro pojem stavba existuje mnoho definic. V novém občanském zákoníku v různých souvislostech je tento pojem užit 176krát, a přesto v kodexu nenajdeme jeho definici. Nejpresnější stanovení výchozí hodnoty stavby je metoda individuální cenové kalkulace. Cenu stavebních prací zjišťujeme pomocí oceňovacích prvků a ideálně pomocí jednotkové ceny.

Naplnění cíle zhodnocení energetické náročnosti zvoleného objektu, bylo dosaženo pomocí vypočítaného Průkazu energetické náročnosti budov pro první tři klasifikační třídy v programu Energie2015 vytvořeným odborníky v ČVUT. Zařazení do nejvyšší třídy A bylo dosaženo využitím fotovoltaických panelů pro výrobu energie pro ohřev vody a vytápění, instalací tepelného čerpadla do objektu a skladbě konstrukcí, jež jsou vypsány v kapitole 4.2.1. Vysoká pořizovací cena RD ve třídě A by odradila každého potenciálního investora. Přesvědčit o zainvestování by naopak mělo zjištění ekonomické efektivity investice a doby návratnosti projektu 7,5 let v porovnání se stejným RD, ale s jinými skladbami konstrukcí a systémem vytápění v klasifikační třídě C, která musí být pro novostavby minimálně dosažena. Celková cena pořízení byla získána stanovením ceny rozpočtových ukazatelů objektu na 1 m³ obestavěného projektu. Rozpočtový ukazatel byl vytvořen sestavením položkového rozpočtu a byla zjištěna odlišná cena různých stavebních oddílů mezi jednotlivými třídami Penb.

Výsledkem porovnání výše spotřeby energie na provoz RD mezi třídou A a C je více jak dvojnásobný rozdíl, což znamená, že spotřeba energie RD ve třídě C je pro dva RD ve třídě A. Do roku 2020 by Česká republika výstavbou těchto RD v klasifikační třídě A splnila cíl Evropy snížení spotřeby energie o 20 % v porovnání s rokem 1990.

Ekonomická efektivnost byla stanovena porovnáním pořizovacích nákladů RD jednotlivých tříd Penb a vypočítána oproti minimální požadované třídě C. V nejvyšší klasifikační třídě je doba návratnosti 7,5 let za předem stanovených podmínek, což se jeví jako velice výhodná investice. V následující třídě B se pohybuje doba návratnosti v hodnotě 8,5 let. Rozdíl doby návratnosti mezi třídou A a B je pouze 1 rok, což je velmi nízká hodnota a investor by pochopitelně investoval do RD třídy B. Na obrázku 17 je znázorněno, že po 13 letech provozu RD třídy A investor ušetří cca 100 000 Kč což je dvojnásobek, než u projektu RD třídy B. Tato skutečnost jasně prokazuje efektivnost investice RD zařazeného do třídy A, a tj. vynaložení vyšších finančních prostředků na pořízení RD.

Závěrem je potřeba se zamyslet nejen nad ekonomickými aspekty nízkoenergetických domů, ale i nad komfortem bydlení. Vývojem energeticky efektivní výstavby se rozvíjí i technologie řízeného větrání, které jsou v projektech využívány, avšak odpadá povinnost a požadavek na otevíravá okna a je dokonce žádoucí, aby byla pevná. Dostáváme se k úvaze o psychice jednotlivce či rodiny žijící v takovémto domě a potřebě přirozené cesty větrání, čerstvého vzduchu nebo možnosti jednoduše okno otevřít. Z hlediska snižování spotřeb a závislosti na energiích je výstavba nízkoenergetických domů velice podporována.

POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE

- [1] Deník veřejné správy- Pasivní domy pro a proti. [online] [cit. 13. 6. 2013] dostupné z: <http://denik.obce.cz/clanek.asp?id=6599298>
- [2] Co je pasivní dům? [online] [cit. 23. 4. 2011] dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2>
- [3] Pasivní versus nízkoenergetický. [online] [cit. 7. 3. 2012] dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/stavba/pasivni-versus-nizkoenergeticky-dum-najdete-7-rozdilu.aspx>
- [4] Studie EU: obytné budovy tvoří 40 % celkové spotřeby energie. [online] [cit. 25. 10. 2010] dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/news_tz101025ZU_preruseni
- [5] *Vyhláška č. 78/2013 Sb. O energetické náročnosti budov*
- [6] TZB-info. [online] dostupné z: <http://www.tzb-info.cz>
- [7] TYWONIAK, J. *Nízkoenergetické domy - Principy a příklady*. Praha: GradaPublishing, 2005, 200 s.
- [8] TYWONIAK, J. *Nízkoenergetické domy 2 - Principy a příklady*. Praha: GradaPublishing, 2005, 200 s.
- [9] MURTINGER, K. *Úsporný dům*. Praha:GradaPublishing, 2013,111 s.
- [10] *Směrnice 2010/31/EU, O energetické náročnosti budov*
- [11] Energetická náročnost budov - definice pojmů. [online] dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/239-energeticka-narocnost-budov-definice-pojmu>
- [12] *Norma ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov. Část 2: Požadavky 2011*
- [13] Součinitel prostupu tepla U. [online] dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/315-soucinitel-prostupu-tepla>
- [14] Program ENERGIE 2015. [online] dostupné z: <http://kcad.cz/cz/stavebni-fyzika/tepelna-technika/energie/>
- [15] *Směrnice Evropského parlamentu a rady 2002/91/ES*
- [16] *Směrnice Evropského parlamentu a rady 2010/31/EU*

- [17] Solární panely. [online] dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/solarni-panely.dic>
- [18] Nízkoenergetický dům po dvou letech. [online] dostupné z: <http://bydleni.idnes.cz/>
- [19] Distribuční sazby elektřiny. [online] dostupné z: <http://www.penize.cz/>
- [20] *Zákon č. 151/1997 Sb., o oceňování majetku*
- [21] *Zákon č. 526/1990 Sb., o cenách*
- [22] TICHÁ, A., TICHÝ, Z., VYSLOUŽIL, R., ŠIMÁČEK, O. *Rozpočtování kalkulace ve výstavbě díl I*. Brno: CERM, 2004. ISBN 80-214-2639-X
- [23] *Rozpočtování a oceňování stavebních prací*. 1. vyd. Praha: ÚRS Praha, a.s., 2009.
- [24] ERÚ spustil kalkulačku. [online] [cit. 21. 1. 2016] dostupné z: <http://www.novinky.cz/ekonomika/392495-platit-za-elektřinu-ne-podle-spotřeby-ale-podle-jistice-eru-spustil-kalkulacku.html>
- [25] TREUOVÁ, Lea: Tabulky tepelných ztrát. [online] dostupné z: <http://www.fce.vubr.cz/TZB/treuova.I/TABULKY.pdf>
- [26] Výzva pro ERÚ. [online] [cit. 23. 2. 2016] dostupné z: <http://www.hnutiduha.cz/aktualne/vyzva-pro-eru-zastavte-alibisticke-konzultace-k-novym-tarifum-elektřiny-navrh-stahnete>
- [27] *Norma ČSN 73 0540-4 Tepelná ochrana budov. Část 4: Výpočtové metody*
- [28] Z historie pasivních domů. [online] [27. 1. 2013] dostupné z: http://passipedia.passiv.de/passipedia/en/basics/the_passive_house_-_historical_review
- [29] POJAN, Petr: Stavební materiály pro nízkoenergetické a pasivní domy. [online] [cit. 26. 11. 2013] dostupné z: <http://www.ceskestavby.cz/clanky/stavebni-materialy-pro-nizkoenergeticke-a-pasivni-domy-22590.html>

SEZNAM TABULEK

Tabulka 4.1 Výpočet součinitele prostupu tepla obvodové stěny.....	34
Tabulka 4.2 Výpočet součinitele prostupu tepla podlahy	34
Tabulka 4.3 Výpočet součinitele prostupu tepla střechy	35
Tabulka 4.4 Ceny zaměňovaných stavebních oddílů v projektu pro třídu A.....	38
Tabulka 4.5 Výpočet součinitele prostupu tepla obvodové stěny.....	40
Tabulka 4.6 Výpočet součinitele prostupu tepla podlahy	41
Tabulka 4.7 Výpočet součinitele prostupu tepla střechy	41
Tabulka 4.8 Ceny zaměňovaných stavebních oddílů v projektu pro třídu B	43
Tabulka 4.9 Výpočet součinitele prostupu tepla obvodové stěny.....	44
Tabulka 4.10 Výpočet součinitele prostupu tepla podlahy	44
Tabulka 4.11 Výpočet součinitele prostupu tepla střechy	45
Tabulka 4.12 Ceny zaměňovaných stavebních oddílů v projektu pro třídu C	47
Tabulka 4.13 Přehled cen rozpočtových ukazatelů.....	48
Tabulka 4.14 Přehled nákladů na pořízení RD	48
Tabulka 4.15 Přehled nákladů na provoz RD	48
Tabulka 5.1 Ukázka výpočtu ekonomické efektivnosti projektu.....	49

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1- Pasivní dům Darmstadt Kranichstein (zdroj: www.wikipedia.cz)	16
Obrázek 2 - Graf porovnání energetických potřeb a jejich krytí (zdroj: www.ekowatt.cz)	17
Obrázek 3 - Ukázka blower-door testu (zdroj: www.ekowatt.cz)	18
Obrázek 4 - Nízkoenergetický dům popisovaný v kapitole 2.7. (zdroj: www.ekowatt.cz)	20
Obrázek 5 - Klasifikace jednotlivých tříd dle druhu využití objektu dle Penb (zdroj: www.tzb-info.cz)	22
Obrázek 6 - Princip výpočtu energetické náročnosti budov (zdroj: www.tzb-info.cz)	24
Obrázek 7 - Příklad formuláře z použitého programu ENERGIE 2015 (zdroj: autor).....	25
Obrázek 8 - Graf rozložení spotřeb energie v domácnosti (zdroj: www.vitejtenazemi.cz)	26
Obrázek 9 - Struktura jednotkové ceny (zdroj: ÚRS).....	29
Obrázek 10 - Ukázka tabulky výpočtové venkovní teploty (zdroj: www.fce.vutbr.cz)	30
Obrázek 11 - Výsek z katastrální mapy plánované polohy domu (zdroj: www.cuzk.cz)	31
Obrázek 12 - Fotografie rodinného domu (zdroj: www.awdomy.cz)	32
Obrázek 13 - Průkaz energetické náročnosti hodnocené budovy (zdroj: program Energie2015).....	36
Obrázek 14 - Procentuální zastoupení odlišných stavebních oddílů objektu v třídě A Penb (zdroj: autor)	38
Obrázek 15 Průkaz energetické náročnosti hodnocené budovy (zdroj: program Energie2015).....	42
Obrázek 16 - Průkaz energetické náročnosti hodnocené budovy (zdroj: program Energie2015).....	46
Obrázek 17 - Graf doby návratnosti investice v řádech let.....	50

Obrázek 18 – Graf předpokladu růstu ceny elektrické energie
průměrně o 12,3 % ročně (zdroj: www.tn.nova.cz)51

Obrázek 19 - Graf vlivu narůstající ceny elektrické energie na dobu návratnosti
investice.....51

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

CO ₂	Oxid uhličitý
ČR	Česká republika
ČSN	Česká státní norma
ČVUT	České vysoké učení technické
EN	Evropská norma
EPS	Expandovaný polystyren
ERÚ	Energetický regulační úřad
EU	Evropská unie
JKSO	Jednotná klasifikace stavebních objektů
kce	Konstrukce
kg	Kilogramy
ks	Kusy
kWh	Kilowatt hodiny
m ²	Metr čtvereční
NP	Nadzemní podlaží
Pa	Pascal
Penb	Průkaz energetické náročnosti budov
R	Tepelný odpor
RD	Rodinný dům
RU	Rozpočtový ukazatel
RUSO	Rozpočtové ukazatele stavebních objektů
SNK	Svislé nosné konstrukce
U	Součinitel prostupu tepla
VRN	Vedlejší rozpočtové náklady
ZRN	Základní rozpočtové náklady

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 - Výkresy prováděcí dokumentace RD

Příloha č. 2 - Tabulka výpočtu ekonomické efektivnosti investice

Příloha č. 3 - Položkový rozpočet stavebních oddílů pro třídu A

Příloha č. 4 - Položkový rozpočet stavebních oddílů pro třídu B a C

Příloha č. 5 - Kompaktní disk (CD-ROM)